

SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PARÁ-
CAMPUS CASTANHAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO RURAL E GESTÃO
DE EMPREENDIMENTOS AGROALIMENTARES

DENIS JUNIOR MARTINS DA SILVA

**ADUBAÇÃO VERDE E DOSES DE INOCULANTE *Azospirillum brasiliense* NA
CULTURA DO MILHO CRIOULO NO MUNICÍPIO DE TERRA ALTA-PA**

CASTANHAL/PA

2021

DENIS JUNIOR MARTINS DA SILVA

**ADUBAÇÃO VERDE E DOSES DE INOCULANTE *Azospirillum brasiliense* NA
CULTURA DO MILHO CRIOULO NO MUNICÍPIO DE TERRA ALTA-PA**

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado em Desenvolvimento Rural e Gestão de Empreendimentos Agroalimentares do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará - Campus Castanhal, como critério para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Augusto José Silva Pedroso
Co-orientador: Prof. Dr. João Tavares Nascimento

CASTANHAL/PA

2021

SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PARÁ-
CAMPUS CASTANHAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO RURAL E GESTÃO
DE EMPREENDIMENTOS AGROALIMENTARES

DENIS JUNIOR MARTINS DA SILVA

**ADUBAÇÃO VERDE E DOSES DE INOCULANTE *Azospirillum brasiliense* NA
CULTURA DO MILHO CRIOULO NO MUNICÍPIO DE TERRA ALTA-PA**

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado em Desenvolvimento Rural e Gestão de Empreendimentos Agroalimentares do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará - Campus Castanhal, como critério para obtenção do título de Mestre.

Data da Defesa: / /
Conceito: _____

Orientador: Prof. Dr. Augusto José Silva Pedroso
Instituto Federal do Pará – Campus Castanhal

Co-orientador: Prof. Dr. João Tavares Nascimento
Instituto Federal do Pará – Campus Castanhal

Prof. Dr. Leonardo Elias Ferreira
Universidade Federal Rural da Amazônia

Prof. Dr. Pablo Radamés Cabral de França
Instituto Federal do Pará – Campus Castanhal

Prof.^a. Dra. Rosana Cardoso Rodrigues
Instituto Federal do Pará – Campus Castanhal

DEDICATÓRIA

A toda a minha família, por todos os incentivos e apoio, para que este momento se tornasse real. Todo o sucesso só foi possível graças a vocês.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus, por iluminar o meu caminho durante a realização desta pesquisa. A fé no Senhor foi o combustível para minha disciplina, persistência e força, me concedendo assim, este momento de suma importância para a minha vida. Agradeço todas as bênçãos que recaíram, não somente sobre mim, mas também sobre todos aqueles que amo.

A minha família, especialmente minha mãe Ruth Martins, pelo amor, apoio e paciência, cujo fruto foi à construção de quem sou hoje e tudo o que conquistei até aqui, obrigado, meu pai Denílson Silva, por todo o apoio e luta para que eu conseguisse estudar e conquistar meu espaço no mundo. Meus irmãos Denílson Filho, Eliza Cunha e Jhenifer Denise, pelo companheirismo e por sempre me apoiarem em todas as decisões. Deixo aqui também um agradecimento especial à avó Luzia Costa, que sempre foi o meu maior exemplo de luta e determinação nessa vida. Agradeço a minha tia Dinair Silva, jamais serei capaz de retribuir todo carinho, amor e incentivo que recebi.

Agradeço a minha querida e amada namorada Patrícia Marques, que jamais me negou apoio, carinho e incentivo em mais uma grande jornada. Obrigado, meu amor, por aguentar tantas crises de estresse e ansiedade neste período. Sem você do meu lado essa trajetória seria mais árdua.

Ao orientador Professor Dr. Augusto Pedroso e ao co-orientador João Tavares Nascimento, pelas dedicação e paciência nas orientações, conversas e críticas, e por partilhar seus conhecimentos ao longo desta caminhada e aos professores do Mestrado Profissional do IFPA – Campus Castanhal que colaboraram com as habilidades e competências que desenvolvi ao longo destes anos.

Aos membros da banca examinadora por aceitarem participar da banca de defesa deste trabalho de conclusão de curso.

A todos os amigos e parceiros que me ajudaram com palavras e atitudes que me incentivaram a prosseguir durante a realização deste projeto Mauricio Ricardo, Álef Santos, Flávio Mendes.

Ao IFPA-Castanhal que por meio do Núcleo de Pesquisa em Ciência do Solo e Água da Amazônia (NUPECSA) e pela Incubadora Tecnológica de Desenvolvimento e Inovação de Cooperativas e Empreendimentos Solidários (INCUBITEC) nos concederam bolsas de pesquisas para que este trabalho pudesse ser executado. Aos bolsistas Jeremias Maia e Diene Rodrigues por todo o empenho e dedicação durante o desenvolvimento das atividades do projeto e a todos que contribuíram de alguma forma nesta caminhada.

A comunidade São Lourenço de Terra Alta, por meio da Cooperativa dos Agricultores Familiares de Terra Alta (COAFTA), nos receberam e nos apoiaram neste projeto, nos oferecendo alimentação e acomodações, bem como a participação direta na instalação e condução das atividades do projeto.

EPÍGRAFE

"Lutar pela terra, lutar pelas plantas, lutar pela agricultura, porque se não vivermos dentro da agricultura, vamos acabar. Não tem vida que continue sem a terra, sem a agricultura".

Ana Maria Primavesi

RESUMO

A busca por alternativas de um manejo mais adequado do solo, visando a melhoria das propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, levou ao uso de técnicas de cobertura do solo e incorporação do material vegetal de plantas sucessionais. A partir disso, o uso de espécies leguminosas como adubo verde, proporciona a proteção dos solos com a produção de biomassa, sendo esta de fundamental importância para a manutenção da fertilidade dos solos devido a ciclagem de nutrientes, além da fixação de nitrogênio por meio de simbiose com bactérias fixadoras. Seguindo a lógica da FBN, o uso de bactérias diazotróficas, que promovem o crescimento da cultura do milho, pode-se reduzir ainda mais o custo com adubação nitrogenada, a qual é uma das mais onerosas na produção de grãos. Tendo este trabalho o objetivo de avaliar a resposta de produção do Milho crioulo variedade Pontinha sob diferentes doses de inoculante a base de *Azospirillum brasiliense* com utilização de adubação verde proveniente do consórcio com duas espécies leguminosas. O experimento foi realizado na comunidade São Lourenço, município de Terra Alta. Os tratamentos foram representados pelo plantio de milho (*Zea mays*) crioulo cultivado em consórcios com leguminosas Feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) e Feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e de forma solteiro (testemunha), inoculados com cinco diferentes doses de *Azospirillum brasiliense*, (0 ml/ha; 50 ml/ha; 100 ml/ha; 150 ml/ha; 200 ml/ha). O trabalho foi dividido em quatro capítulos para melhor entendimento dos assuntos abordados, onde o primeiro capítulo contou com a revisão de literatura. O segundo capítulo conta com a produção de milho em resposta ao consórcio com leguminosas e as diferentes doses de inoculantes, onde não se constatou interação entre os tratamentos quando submetidos a ANAVA, procedendo-se assim apenas com as doses de inoculantes, das quais não apresentaram diferença significativas entre os tratamentos. O terceiro capítulo, trata do estudo quantitativo e qualitativo da parte aérea das leguminosas, onde apresentaram diferenças significativas em todos os tratamentos, com destaque para o Feijão-de-porco, com os valores de 73,41 cm, 5,76 mm e 0,90 t.ha⁻¹ para os parâmetros de Altura da planta (AP), Diâmetro caulinar (DC) e Biomassa seca (BMS) respectivamente. O quarto e último capítulo, trata do estudo dos parâmetros do solo, em função do cultivo de leguminosas na profundidade de 0-20 cm, onde observou-se diferença significativa para os parâmetros de Matéria Orgânica (M.O) e Potencial hidrogeniônico (pH) com destaque para o tratamento com Milho+Feijão-caupi que apresentou os melhores valores para os parâmetros avaliados com 14,2 g.kg⁻¹ e 5,07, respectivamente. O tratamento Milho+Feijão-de-porco proporcionou os valores 13,7 g.kg⁻¹ de M.O e pH de 4,88. A partir da instalação e coleta de dados do experimento foi elaborada uma cartilha com informações para a instalação e manejo do milho crioulo, além do manejo do solo a partir da técnica de cobertura do solo por meio da adubação verde com o uso de espécies leguminosas.

Palavras-chave: Plantas adubadoras, *Zea mays*, fixação biológica de nitrogênio

ABSTRACT

The search for alternatives for a more adequate soil management, aiming at improving the chemical, physical and biological properties of the soil, led to the use of soil cover techniques and incorporation of plant material from successive plants. From this, the use of leguminous species as green manure provides the protection of soils with the production of biomass, which is of fundamental importance for the maintenance of soil fertility due to nutrient cycling, in addition to nitrogen fixation through symbiosis with fixative bacteria. Following the logic of FBN, the use of diazotrophic bacteria, which promote the growth of the corn crop, can further reduce the cost of nitrogen fertilization, which is one of the most expensive in grain production. The objective of this work was to evaluate the production response of the Creole Corn variety Pontinha under different doses of inoculant based on *Azospirillum brasiliense* with the use of green manure from the intercropping with two leguminous species. The experiment was carried out in the community of São Lourenço, municipality of Terra Alta. The treatments were represented by planting creole corn (*Zea mays*) cultivated in intercropping with Pig beans (*Canavalia ensiformis*) and Cowpea bean (*Vigna unguiculata*) and singly (control), inoculated with five different doses of *Azospirillum brasiliense*, (0 ml/ha; 50 ml/ha; 100 ml/ha; 150 ml/ha; 200 ml/ha). The work was divided into four chapters for a better understanding of the topics covered, where the first chapter featured a literature review. The second chapter counts on the corn production in response to the intercropping with legumes and the different doses of inoculants, where no interaction was found between the treatments when submitted to ANAVA, proceeding thus only with the doses of inoculants, of which they did not present significant difference between treatments. The third chapter deals with the quantitative and qualitative study of the aerial part of the legumes, where there were significant differences in all treatments, with emphasis on the jack bean, with values of 73,41 cm, 5,76 mm and 0,90 t.ha⁻¹ for the parameters of plant height (AP), stem diameter (DC) and dry biomass (BMS) respectively. The fourth and last chapter deals with the study of soil parameters, depending on the cultivation of legumes at a depth of 0-20 cm, where a significant difference was observed for the parameters of Organic Matter (OM) and Hydrogen Potential (pH) with highlighting the treatment with Maize+Cowpea beans, which presented the best values for the parameters evaluated with 14,2 g.kg⁻¹ and 5,07, respectively. The Maize+Hogbeans treatment provided the values of 13,7 g.kg⁻¹ of M.O and pH of 4,88. From the installation and data collection of the experiment, a booklet was prepared with information for the installation and management of creole corn, in addition to soil management from the soil cover technique through green manuring with the use of leguminous species.

Key words: Fertilizer plants, *Zea mays*, biological nitrogen fixation

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Análise química do solo da área experimental. Terra Alta, Pará. Dezembro, 2019.....	28
Tabela 02: Altura da planta por tratamento em relação aos dias após plantio.....	33
Tabela 03: Efeitos das doses de <i>Azospirillum brasiliense</i> na produção de milho crioulo.....	35
Tabela 04: Resultados da produção de biomassa aérea dos tratamentos com espécies leguminosas. IFPA-Campus Castanhal, 2020.....	41
Tabela 05: Resultados do número e massa seca de nódulos, nos tratamentos de leguminosas. IFPA-Campus Castanhal, 2020.....	43
Tabela 06: Análise de nitrogênio do solo da área experimental. Terra Alta, Pará. 2020.....	43
Tabela 07: Análise química do solo da área experimental. Terra Alta, Pará. Dezembro, 2020.....	47

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01: Esquadreamento da área experimental. Terra Alta, Pará. Dezembro, 2019.....	28
Figura 02: Inoculação das sementes de milho crioulo. Terra Alta, Pará. Janeiro, 2020.....	29
Figura 03: Plantio das sementes de milho. Terra Alta, Pará. Janeiro, 2020.....	30
Figura 04: Croqui de cada unidade experimental (parcela). Plantio das sementes de milho. Terra Alta, Pará. Janeiro, 2020.....	31
Figura 05: Coleta e contagem de nódulos. Terra Alta, Pará. Abril, 2020.....	41

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	14
1.1. INTRODUÇÃO.....	14
1.2. OBJETIVOS.....	16
1.2.1. Geral.....	16
1.2.2. Específicos	16
1.3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
1.3.1. A comunidade São Lourenço.....	17
1.3.2. A cultura do milho	18
1.3.3. Adubação verde com leguminosas	19
1.3.3.1. Feijão-caupi (<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp.).....	21
1.3.3.2. Feijão-de-porco (<i>Canavalia ensiformis</i> (L.) DC)	22
1.3.5. <i>Azospirillum brasiliense</i>	24
1.4. METODOLOGIA.....	25
1.4.1. Tipo de pesquisa	25
1.4.2. Caracterização da área experimental	25
1.4.3. Histórico e manejo da área experimental.....	25
1.4.4. Divisão do experimento em partes para efeito de estudos.....	26
CAPÍTULO 2	27
AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO DE MILHO (<i>Zea mays</i> , L) NAS DIFERENTES DOSES DE INOCULANTE EM SOLO CULTIVADO E INCORPORADO COM LEGUMINOSAS.	27
2.1. INTRODUÇÃO.....	27
2.2. MATERIAL E MÉTODOS.....	28
2.2.1. Plantio e adubação do milho	28
2.2.2. Tratamento e manejo das parcelas	31
2.2.3. Delineamento experimental	31
2.2.4. Parâmetros de avaliação do milho	32
2.2.5. Distribuição de chuva mensal ao longo do experimento	32
2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
2.3.1. Altura da planta.....	33
2.3.2. Comprimento e diâmetro de espiga	35
2.3.3. Rendimento de Grãos.....	35
2.4. CONCLUSÕES	36
CAPÍTULO 3	38
PRODUÇÃO DE BIOMASSA AÉREA E NÚMERO DE NÓDULOS DE LEGUMINOSAS CULTIVADAS EM CONSÓRCIO COM O MILHO CRIOULO.....	38

3.1.	INTRODUÇÃO.....	38
3.2.	MATERIAL E MÉTODOS.....	39
3.2.1.	Tratamentos	39
3.2.2.	Delineamentos experimental.....	39
3.2.3.	Distribuição mensal da precipitação pluviométrica ao longo do experimento	39
3.2.4.	Coleta e preparo das amostras de tecido vegetal e nódulos	40
3.3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
3.3.1.	Biomassa aérea e seca	41
3.3.2.	Número e peso de nódulos.....	42
3.3.3.	Nitrogênio no solo	43
3.4.	CONCLUSÕES	44
	CAPÍTULO 4	45
	EFEITO DA ADUBAÇÃO VERDE NAS PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO	45
4.1.	INTRODUÇÃO.....	45
4.2.	MATERIAL E MÉTODOS.....	46
4.2.1.	Tratamentos	46
4.2.2.	Delineamentos experimental.....	46
4.2.3.	Coleta e preparo das amostras de solo	46
4.3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
4.3.1.	Caraterísticas químicas do solo.....	47
4.3.1.1.	Potencial hidrogeniônico (pH).....	47
4.3.1.2.	Matéria orgânica (MO)	48
4.3.1.3.	Fósforo (P)	49
4.3.1.4.	Potássio (K).....	50
4.3.1.5.	Cálcio (Ca).....	50
4.3.1.6.	Magnésio (Mg)	50
4.3.1.7.	Alumínio (Al)	51
4.3.1.8.	Acidez potencial (H+Al).....	51
4.3.1.9.	Saturação por alumínio (m%)	51
4.3.1.10.	Capacidade de Troca de Cátions (CTC).....	52
4.3.1.11.	Saturação por base (V%).....	52
4.4.	CONCLUSÕES	53
5.	REFERENCIAS.....	54

CAPÍTULO 1

1.1. INTRODUÇÃO

A busca pelo manejo adequado do solo, aumentou a procura por alternativas para melhorias da fertilidade desses solos, a partir de técnicas de cobertura do solo e incorporação do material vegetal de plantas sucessionais, onde os agricultores familiares buscam novos sistemas alternativos de produção que diminuam seus custos de produção, aumentando assim a sua rentabilidade, bem como melhorem a sua qualidade de vida no campo, para isso se faz necessário a preservação da fertilidade do solo, promovendo assim a utilização da área por longos períodos.

O manejo inadequado do solo por meio das atividades agropecuárias pode com o tempo trazer graves consequências, exaurindo suas reservas orgânicas e minerais, transformando solos com grande potencial de produção em solos de baixa fertilidade (DUARTE et al., 2014). Por outro lado, os sistemas integrados de produção agrícola, assim como outras práticas de manejo consideradas conservacionistas, apresentam-se como alternativas viáveis para a sustentabilidade do uso do solo (SILVA et al., 2011).

Nos agroecossistemas da Amazônia predominam solos altamente intemperizados que, embora possuam características físicas adequadas ao uso agrícola, apresentam restrições químicas ao crescimento das plantas cultivadas (RODRIGUES, 1996). Entre os fatores que propiciam a baixa produtividade das culturas nessa região, a acidez do solo (BRASIL et al., 2020), expressa por baixos valores de pH e alta concentração de Al, além de baixos teores de Ca e Mg, são os atributos mais importantes a serem corrigidos para a garantia de rendimento econômico das culturas.

O aproveitamento de restos de culturas sucessionais é vital para se manter e até melhorar a produtividade das terras sob o uso agrícola, onde alguns efeitos são destacados, como o aumento da porosidade e aeração, melhoria da capacidade de armazenamento e retenção de água, aumento da atividade biológica e da capacidade de troca de cátions, fornecimento de nitrogênio, fósforo, enxofre e outros nutrientes às culturas subsequentes (MUZILLI, 1996).

Uma das práticas conservacionistas capazes de promover a sustentabilidade dos solos agrícolas a partir do uso de restos de culturas remanescente é a adubação verde, que se baseia no princípio do uso de plantas em sucessão ou em consórcio com culturas de interesse econômico (CALEGARI, 1993). O material vegetal remanescente destes cultivos sobre o solo proporciona um aumento considerável no aporte de fitomassa e a ciclagem de nutrientes, uma

vez que estas plantas os absorvem de camadas sub-superficiais e os liberam na superfície após sua decomposição (DUDA et al., 2003; GAMA et al., 2007).

Para Cunha et al. (2011) o preparo do solo e o uso de plantas de cobertura são importantes práticas no sistema orgânico de cultivo. Com o crescente interesse dos agricultores nesse sistema, visando ao aumento da rentabilidade e melhoria da qualidade de vida no meio rural, além da preservação da capacidade produtiva do solo em longo prazo, é necessário gerar informações sobre a contribuição dessas práticas na manutenção da qualidade do solo.

Os solos da região amazônica naturalmente são de baixa fertilidade, onde a produtividade das culturas sazonais em pequenas propriedades caracteriza-se pelos baixos rendimentos, devido ao manejo convencional de queima, coivara, plantio e pousio, desgastando os solos em pouco tempo, influenciando assim na degradação dos solos (CRAVO et al., 2005). Este mesmo autor, caracteriza os solos da região nordeste paraense como solos de baixas fertilidades natural e ácidos, tomadas algumas raras exceções. Também os classifica como solos envelhecidos pelos processos pedogenéticos, o que os leva, em pouco tempo de uso, ao esgotamento das poucas reservas de nutrientes existentes.

Diante dessa conjuntura, é indispensável a realização de pesquisas que busquem demonstrar as potencialidades e compreender as diversas formas de manejo a partir da utilização de espécies leguminosas, visando auxiliar no aumento do rendimento da cultura do milho e identificar a espécie ou as espécies que melhor se adaptam a esse consórcio.

A fixação biológica de nitrogênio promovida pelas espécies leguminosas pode influenciar na diminuição dos custos com adubação nitrogenada, além disso, o material vegetal produzido por essas plantas, garantem a cobertura do solo e sua proteção, além de fornecer material orgânico para as atividades da microfauna do solo cultivado.

No Brasil, estudos pioneiros com bactérias diazotróficas associadas a gramíneas têm apresentado grande diversidade de micro-organismos isolados de diversas culturas destacando-se, para a cultura do milho, bactérias dos gêneros *Azospirillum* (DARTORA et al., 2013). Ao associar aos benefícios das leguminosas, o uso de bactérias diazotróficas que promovem o crescimento da cultura do milho, pode-se reduzir ainda mais o custo com adubação nitrogenada, a qual é uma das mais onerosas na produção de grãos. Na região norte do Brasil, são escassos os estudos de bactérias do gênero *Azospirillum*, sendo de fundamental importância a divulgação de resultados para o uso da prática de inoculação na região.

O uso de novas tecnologias fica em sua maioria em grandes empreendimentos, no entanto, o pequeno produtor busca aumentar a sua produção e ao mesmo tempo, busca reduzir seu custo. O milho é um dos produtos mais importantes para o agricultor familiar, tendo em

vista que este grão atua dentro da rede alimentação familiar, sendo ela direta (própria alimentação) ou indireta (alimentação de animais). Além disso, a produção de milho é uma garantia de trocas de alimentos em suas comunidades e até mesmo nas cidades onde o produto é comercializado.

Desde o começo da humanidade, agricultores e agricultoras têm conservado, selecionado e melhorado sementes, dando origem a uma grande diversidade de cultivos e variedades utilizadas na produção agrícola. Os agricultores têm sido desde sempre os responsáveis pela manutenção da biodiversidade de cultivos, mantendo variedades adaptadas a diferentes regiões, por gerações (ARAÚJO et al., 2013).

A utilização de sementes oriundas de safras passadas, adquiridas em trocas com vizinhos ou entes queridos é uma prática corriqueira realizada pelos agricultores familiares em diversas localidades da região nordeste do Brasil. Assim, as sementes crioulas são uma garantia de que esse intercâmbio perdure por décadas, ratificando a importância de pesquisa com esta, pois populações de genótipos nativos de milho (*Zea mays*) encontram-se sob ameaça constante de extinção pela erosão genética (SILVA et al., 2018).

Diante desta perspectiva, o uso de leguminosas para a recuperação da fertilidade e conservação de solos é apontado como uma prática capaz de contribuir para a sustentabilidade da agricultura e benefícios para a produção de milho, uma vez que podem ser utilizadas como adubo verde e planta de cobertura, contribuindo para a manutenção da fertilidade e da conservação do solo.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Geral

Avaliar a resposta da produção de Milho crioulo variedade Pontinha sob diferentes doses de inoculante a base de *Azospirillum brasiliense* com utilização de adubação verde proveniente do consórcio com duas espécies leguminosas na comunidade São Lourenço, município de Terra Alta, PA.

1.2.2. Específicos

- Avaliar índices morfológicos de crescimento através das variáveis de altura da planta e comprimento do caule;
- Estimar a produção de grãos e de biomassa do milho;
- Determinar qual das espécies de leguminosas estudadas é a mais adaptada ao manejo e condições edafoclimáticas do local da pesquisa;

- Verificar a produção de biomassa das leguminosas;
- Avaliar a influência do consórcio milho x leguminosas na melhoria dos atributos químicos do solo;
- Avaliar efeitos e recomendar a dose de inoculante mais adequada para o aumento da produção de milho.

1.3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.3.1. A comunidade São Lourenço

A comunidade possui histórico de cultivo de culturas anuais de ciclo rápido, onde as principais são: a mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), que tem como principal produto a farinha de mesa; o milho (*Zea mays* L.) que tem como finalidade alimentação de aves e alimentação das famílias, o arroz (*Oryza sativa* L.) que possui papel principal na alimentação, diminuindo dependência dos mercados da região e o feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L.) que também auxilia na alimentação das famílias (RODRIGUES et al., 2015; SILVA et al., 2018).

Em geral, o tamanho médio da área destinada para produção dessas culturas é de 2 tarefas (aproximadamente a 0,6 ha). Para o cultivo do milho, a maioria dos agricultores utilizam sementes crioulas, como uma alternativa de preservação da agrobiodiversidade, garantindo autonomia do produtor para a próxima safra (RODRIGUES et al., 2015).

O milho anualmente é inserido no calendário de culturas a serem plantadas na comunidade São Lourenço, e o plantio ocorre em consórcio com outras culturas, como a Mandioca, Feijão-caupi e em alguns casos, consorciados com hortaliças. Como as áreas para cultivo dessas culturas é limitado, o preparo de área ocorre uma vez ao ano, quando a prefeitura disponibiliza um trator com grande aradora para revolvimento do solo. Dessa forma, os agricultores visam otimizar ao máximo as áreas preparadas (SILVA et al., 2018).

Ainda de acordo com Silva et al. (2018), o manejo dessas culturas na comunidade ocorre de forma manual, principalmente, quando se trata de controle de ervas daninhas e adubação, onde se utiliza a capina em quase todas as áreas de cultivo e utiliza-se uma combinação de adubo mineral e compostos orgânicos produzidos na própria comunidade a partir da técnica de compostagem. A utilização de defensivos agrícolas é quase nula na comunidade, sendo pouco utilizado nos cultivos, visando um manejo com pouco uso de insumos externos como adubos e defensivos.

1.3.2. A cultura do milho

O milho é um dos principais produtos do setor agrícola brasileiro. Dada sua versatilidade de uso, ele pode ser utilizado desde a alimentação humana e animal até a indústria de alta tecnologia. Sua importância está relacionada também à questão social, uma vez que grande parte dos agricultores familiares dependem deste cultivo para sua subsistência (CRUZ et al., 2006). Nestas unidades familiares, a produtividade costuma ser baixa e irregular, em decorrência, principalmente da baixa fertilidade do solo (COELHO; FRANÇA, 1995).

O milho (*Zea mays* L.) é uma espécie que pertence à família Gramineae/Poaceae, descendente do teosinto, *Zea mays*, subespécie mexicana (*Zea mays* ssp. mexicana (Schrader) Iltis, há mais de 8000 anos é cultivada em muitas partes do Mundo. A sua grande adaptabilidade, permite o seu cultivo desde o Equador até o limite das terras temperadas e desde o nível do mar até altitudes superiores a 3600 metros, podendo ser encontrado em climas tropicais, subtropicais e temperados. Esta planta tem como finalidade de utilização a alimentação humana e animal, devido às suas elevadas qualidades nutricionais, contendo quase todos os aminoácidos conhecidos, com exceção da lisina e do triptofano (BARROS; CALADO, 2014).

Este grão é fundamental para a agricultura brasileira, cultivado em todas as regiões do País, em mais de dois milhões de estabelecimentos agropecuários. Nas últimas décadas, a cultura passou por transformações profundas, destacando-se sua redução como cultura de subsistência de pequenos produtores e o aumento do seu papel em uma agricultura comercial eficiente, com deslocamento geográfico e temporal da produção (EMBRAPA, 2019).

A cultura do milho é cultivada em todas as unidades da federação (IBGE, 2019), assumindo grande importância devido ao seu volume produtivo e grande extensão de área cultivada, além do papel socioeconômico que possui, estabelecendo-se dessa forma como fonte de renda para o agricultor (SOUZA et al., 1999). Em 2018, a área colhida no Brasil foi de 16.359.020 hectares, sendo sua produção de 81.364.535 toneladas e o rendimento médio de 4.974 kg/ha (IBGE, 2019).

De acordo com IBGE (2019), os dados da Produção Agrícola Municipal – PAM, que todos os anos busca investigar os principais produtos das lavouras sazonais e perenes de grande importância econômica e social para o País, o Estado do Pará colheu em 2018 uma área de 226.708 ha de milho, com produção de 790.965 toneladas e rendimento médio de 3,489 t/ha. A maior parte dessa produção concentrou-se, principalmente no sudoeste do estado que obteve maior produção de milho em 2018 com 144,741 hectares plantados, com produção de 574.032 toneladas de grãos de milho.

Diante disso, em busca de altas produtividades, Catão et al. (2010) afirma que as variedades locais ou tradicionais foram gradativamente substituídas por materiais melhorados, com a adoção de pacotes tecnológicos. No entanto, por razões diversas, muitos agricultores familiares ainda utilizam variedades crioulas de milho, sendo uma importante forma de conservação desses materiais, de grande variabilidade genética, sendo importante estratégias de conservação da diversidade agrícola de sementes, assim como para o melhoramento genético da espécie.

Dentre as variedades crioulas cultivadas no nordeste paraense pode-se destacar a variedade Pontinha, com altura média da planta variando de 1,5 a 2,0 m; de 21 a 25 cm de comprimento da espiga; 2 espigas por planta; ciclo de menos de 90 dias e uma durabilidade da palhada de 3 a 5 meses; semente também de cor amarelada e formato achatado (DIAS; PORFILIO; FREIRE, 2016).

A produção de milho da variedade pontinha cultivada em consórcio com gliricídia no sistema sem aléias (corredores), por três anos seguidos (2003, 2004 e 2005), teve aumento médio de 1.282 kg.ha⁻¹ e 1.960 kg.ha⁻¹ em relação a matéria seca de grãos e palhada do milho (MARIN et al., 2007).

A partir disso, a introdução de novas variedades mais adaptadas às condições edafoclimáticas da região, bem como práticas culturais mais adequadas promovem um aumento significativo da produtividade da cultura no nosso país, estando os indicadores de produtividade entre os melhores a nível mundial. Porém, as sementes de variedades locais são consideradas como componentes da agrobiodiversidade, por constituírem inestimável valor para as populações tradicionais. Dessa forma, a utilização de variedades crioulas é uma alternativa sustentável a ser adotada, visto que o melhoramento destas variedades locais pode ser feito nas propriedades rurais, pelos próprios agricultores, que já possuem conhecimento desse material (ABREU; CANSI; JURIATTI, 2007).

As variedades crioulas de milho, também chamadas locais ou tradicionais, são cultivadas pelos agricultores familiares e, normalmente, são selecionadas anualmente considerando sua capacidade de produção e adaptação, motivo pelo qual costumam apresentar bom desempenho nas condições ambientais em que são cultivadas (TEIXEIRA et al., 2005).

1.3.3. Adubação verde com leguminosas

A partir da necessidade de implementação de práticas que busquem o estabelecimento de um equilíbrio no agroecossistema, aponta-se a adubação verde como uma alternativa que permite melhorias nas condições físicas, químicas e biológicas do solo, sendo sobretudo, de

fundamental importância selecionar as espécies adubadoras adequadas para as diferentes condições edafoclimáticas (FÉLIX et al., 2015).

A prática de adubação verde pode ser feita utilizando-se diferentes espécies, porém, as da família Fabaceae se destacam (CORRÊA et al., 2014). Com base nisso, a técnica da adubação verde consiste em introduzir, em um sistema de produção, a espécie apropriada (leguminosa ou não) para depositar sobre o solo ou incorporar sua massa vegetal, além de atuar na ciclagem de nutrientes (BARRADAS, 2010).

A adubação verde vem sendo utilizada em várias regiões do Brasil, visando a ciclagem de nutrientes e também a recuperação de áreas degradadas, pois os baixos níveis de matéria orgânica no solo representam um dos principais problemas em áreas sob recuperação. Isto posto, as ações de conservação e/ou recuperação do solo ajudam o ecossistema agrícola a ser, não apenas um provedor de alimentos e fibras para gerar, de modo sustentável, renda ao produtor e segurança alimentar, mas também ser um provedor de serviços ambientais (MACHADO; MADARI; BALBINO, 2010).

As leguminosas têm sido as espécies preferidas para adubação verde, sendo as mais utilizadas nesta prática, sendo considerada uma prática conservacionista edáfica e vegetativa. Nogueira et al. (2012), descreve como práticas conservacionistas edáficas aquelas que contribuem para a conservação do solo de acordo com as modificações realizadas no sistema de cultivo, onde estas práticas exercem um controle sobre a erosão, atuam na manutenção ou melhoria da fertilidade do solo, a partir de técnicas como a adubação verde, a eliminação e controle do fogo no preparo de área, a calagem, a adubação química e a adubação orgânica.

Conforme a descrição de Teodoro et al. (2011), para a adubação verde, as leguminosas apresentam algumas características de grande relevância para seu plantio, como a fixação biológica de nitrogênio atmosférico por meio de ação simbiótica com bactérias do gênero *Rhizobium*. Além do Nitrogênio (N), as leguminosas produzem grande volume de biomassa rica em Fósforo (P), Potássio (K) e Cálcio (Ca) e seu sistema radicular ramificado e profundo, facilita a reciclagem de nutrientes no solo.

Uma das características de suma importância das espécies leguminosas é a sua baixa relação C:N, que durante o processo de fermentação da matéria orgânica mantém sua relação C/N entre 20/1 e 30/1, faixa de variação onde na maioria das espécies existe um equilíbrio entre a liberação de N no processo e a captura pelos microrganismos presentes no solo (FORMENTINI et al., 2008).

Outro fator importante a ser considerado na prática da adubação verde é a escolha da espécie leguminosa a ser utilizada, devendo essa escolha consistir na capacidade de produção

de massa vegetal, na ramificação, na profundidade de exploração das raízes e na adaptabilidade da espécie às condições edafoclimáticas, uma vez que estas são características fundamentais para sua eficiência. Dentro dessa perspectiva, o uso de leguminosas para a recuperação da fertilidade e conservação de solos é apontado como uma prática capaz de contribuir para a sustentabilidade da agricultura, uma vez que podem ser utilizadas como adubo verde, contribuindo para o processo de conservação do solo.

1.3.3.1. Feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), também conhecido como feijão-de-corda, feijão-de-praia, feijão-da-estrada, feijão-de-rama, feijão-fradinho ou feijão macassar, macaça ou macáçar, é uma cultura de grande importância como componente da dieta alimentar - fonte de proteínas - das famílias, principalmente, das regiões Norte e Nordeste do Brasil, nas zonas rural e urbana (EMBRAPA, 2011).

Tendo em vista a importância que o feijão-caupi possui como componente alimentar dos agricultores da mesorregião Nordeste Paraense (SANTOS et al., 2015), esta espécie também apresenta elevada capacidade de produção de biomassa e de fixação biológica de N₂, por meio da simbiose com bactérias fixadoras de Nitrogênio (GUALTER et al., 2011). Uma estratégia que contemple o manejo desta espécie com vista a dupla aptidão, tanto para a alimentação humana quanto para a adubação verde, pode favorecer a adoção desta prática ecológica de fertilização do solo.

Segundo Ribeiro (2002), o feijão-caupi, apresenta ciclo curto, baixa exigência hídrica e rusticidade para se desenvolver em solos de baixa fertilidade e, por meio da simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium* tem a habilidade para fixar nitrogênio do ar. Esse mesmo autor ainda relata que pelo seu valor nutritivo, o feijão-caupi é cultivado principalmente para a produção de grãos, secos ou verdes, para o consumo humano, “*in natura*”, na forma de conserva ou desidratado.

Contribuindo com essas informações, Alves et al. (2009) em estudo utilizando o feijão-caupi cultivar “UFRR Grão-verde” como adubo verde em sistema de consórcio com a mandioca cultivar “Aciolina”, verificaram que esse manejo proporcionou as maiores receitas líquidas para a produção de vagem verde, grão verde, grão seco do feijão-caupi e raiz fresca de mandioca. O destaque deste consórcio foi um retorno líquido de R\$6,07 na vagem verde e R\$5,44 no grão verde para cada real investido.

1.3.3.2. Feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* (L.) DC)

A espécie feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* (L.) DC), é uma leguminosa muito rústica e resistente a altas temperaturas e a seca. Possui ciclo anual longo, com 180 dias, e floresce com 140 dias, tem tolerância ao sombreamento parcial. Por ser uma planta de clima tropical e subtropical, adapta-se praticamente a todos os tipos de solos, principalmente em latossolos, de textura argilosa a arenosa, inclusive aqueles com baixos teores de fósforo. Promove uma boa cobertura do solo, com efeito alelopático às invasoras, atuando eficientemente no controle da tiririca (*Cyperus* sp.) (BARRETO; FERNANDES, 2001).

Estas espécies pertencem à família *Fabaceae*, muito cultivada como cobertura verde. Suas raízes possuem associação simbiótica com bactérias fixadora de nitrogênio, dispensando a utilização de fertilizantes nitrogenados. No entanto, é pouco utilizada com o objetivo de formação de pastagens, pois não é muito aceita por parte dos animais (MENDES, 2011). De acordo com o mesmo autor, o feijão-de-porco foi muito bem utilizado em rotação com milho e feijão-caupi em plantio de coqueirais, cultivados em solos alterados de baixa fertilidade na Região do Marajó no estado do Pará, surgindo como uma alternativa capaz de minimizar tanto os danos causados ao solo pela prática tradicional dos monocultivos sucessivos, como também de amortizar os custos de manutenção e investimento nas lavouras de coqueirais.

A produção de biomassa do feijão-de-porco é destacada por Silva et al. (2017), com valores médios de massa seca da parte aérea e massa seca de nódulos superiores a 3,99 t.ha⁻¹ e 1,70 g de nódulos.planta⁻¹, respectivamente, comprovando assim a proteção do solo com seu material vegetal e a sua fixação biológica de nitrogênio. Neste sentido, o desenvolvimento socioeconômico e de infraestrutura fundamental para a viabilização do uso de fertilizantes nitrogenados é incompatível com a condição predominante para a grande maioria dos agricultores, especialmente aqueles que ainda se sustentam de uma agricultura praticada de forma tradicional em uma pequena propriedade e com baixo capital, sendo indispensável a utilização de plantas fixadoras de nitrogênio e que atuem na ciclagem de nutrientes. O aumento da utilização de nitrogênio pela fixação biológica, requer insumos de baixo custo, tais como utilização de plantas leguminosas e uso de inoculantes, que levaria a pequenas alterações nos sistemas de produção prevaletentes nas propriedades de agricultura diversificada. Assim, a adubação verde com leguminosas, quando adaptadas às condições edafoclimática local, pode ser uma alternativa viável para os agricultores familiares que cultivam milho crioulo nesta mesorregião, possibilitando maior biodiversidade, melhor conservação dos solos e diminuição do uso de insumos externos à propriedade.

1.3.4. Fixação biológica de nitrogênio

Uma das formas de atingir altas produções é o emprego de novas tecnologias. Ano após ano vêm surgindo novos produtos no mercado que tem por finalidade aumentar a produtividade, e outro fator primordial é o uso correto das técnicas de cultivo.

O nitrogênio é um dos principais nutrientes e de fundamental importância para os seres vivos. Naturalmente, ele é encontrado em 78% da composição da atmosfera terrestre, na forma gasosa (N_2), não sendo disponível para a maioria dos vegetais (CARVALHO; ZABOT, 2012). A fixação biológica de nitrogênio constitui um processo vital para a produção agrícola, sendo a utilização do nitrogênio proveniente da fixação biológica uma das alternativas mais apropriadas em comparação à produção industrial de adubos nitrogenados, por não demandar grandes investimentos de capital e meios para industrialização (NASCIMENTO, 2000).

A redução do revolvimento do solo e a utilização de práticas de incorporação de nitrogênio ao solo por leguminosas constituem um manejo promissor no sentido de recuperar os teores de matéria orgânica e a capacidade de fornecimento ao solo, do nitrogênio utilizado pelas culturas anuais (TEIXEIRA; TESTA; MIELNICZUK, 1994).

Além disso, Mateus e Wutke (2006), destacam que a principal vantagem da utilização de espécies leguminosas na adubação verde refere-se à possibilidade de redução da quantidade de nitrogênio aplicado na adubação química, pois essas plantas têm a capacidade de fixar o nitrogênio atmosférico, por meio de simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium/Bradyrhizobium* nas raízes, enriquecendo-se o solo com esse macronutriente.

O processo biológico de transformação do nitrogênio atmosférico elementar (N_2), em compostos assimiláveis pelas plantas, é descrito por Martins (2014) como um processo que ocorre a partir da associação simbiótica entre plantas da família Fabaceae e microrganismos pertencentes, principalmente, mas não exclusivamente, à ordem Rhizobiales. Sendo essa, uma das principais características que algumas leguminosas possuem para serem utilizadas como adubo verde.

Além das bactérias da ordem Rhizobiales, outro grupo de bactérias que tem ganhado destaque, são as chamadas Bactérias Promotoras de Crescimento de Plantas (BPCP), que também são utilizadas como uma estratégia para o fornecimento de N para as plantas, devido à fixação biológica de nitrogênio (FBN) e a produção de fitohormônios de crescimento (HUNGRIA, et al., 2016). Sendo a capacidade de fixação biológica de nitrogênio a mais relevante entre os benefícios (HUNGRIA, 2011).

1.3.5. *Azospirillum brasiliense*

De acordo com Hungria (2011), o gênero *Azospirillum* abrange um grupo de BPCP de vida livre que é encontrado em quase todos os lugares da terra. Embora o nitrogênio gasoso (N_2) constitua 78% dos gases atmosféricos, nenhum animal ou planta consegue utilizá-lo como nutriente, devido à tripla ligação que existe entre os dois átomos do N_2 , que é uma das mais fortes de que se tem conhecimento na natureza. No entanto, graças à ação da enzima nitrogenase, estas bactérias são capazes de romper a tripla ligação do N_2 e reduzi-lo a amônia. Também denominadas como bactérias diazotróficas ou fixadoras de N_2 , o *Azospirillum* se associa a diversas espécies de plantas em diferentes graus de especificidade, levando à classificação como bactérias associativas, endofíticas ou simbióticas (HUNGRIA; CAMPO; MENDES, 2007).

Diante disso, o uso de bactérias promotoras de crescimento de plantas pode auxiliar na produção de grãos por diversos mecanismos na nutrição nitrogenada das culturas. As bactérias diazotróficas associativas mais estudadas, ou seja, que não formam uma simbiose com a planta hospedeira, são as bactérias pertencentes ao gênero *Azospirillum* (BASHAN; de-BASHAN, 2005).

Embora apresente elevada taxa fotossintética, o milho é uma cultura muito influenciada por problemas de estresse ambiental dentre os quais se destacam aqueles relacionados à baixa fertilidade dos solos, o que é comum nos solos da região amazônica. De acordo com Dartora et al. (2013), o nitrogênio (N) constitui componentes essenciais da célula vegetal sendo considerado um nutriente fundamental envolvido no incremento da produtividade das culturas. Os solos brasileiros apresentam, em sua maioria, baixo teor de N disponível tornando a adubação nitrogenada uma prática indispensável e, neste contexto, os fertilizantes químicos e minerais se destacam como a principal forma de adição do nutriente ao solo.

Dessa forma, faz-se necessárias mais pesquisas sobre manejos visando aumento de produtividade de milho a partir do uso de nitrogênio. Com isso a utilização de inoculantes busca satisfazer esse interesse, visando aumento da produção de grãos, sendo este interesse destacado por Luís (2014), onde afirma que a utilização de *Azospirillum brasiliense* proporciona as maiores produtividades do milho quando suas sementes inoculadas são semeadas sobre as palhadas culturas como o nabo forrageiro, cártamo, crotalária, crambe, níger, aveia e ervilhaca. As espécies leguminosas proporcionam excelente produção de biomassa, atuando no incremento do material orgânico e cobertura morta para a cultura do milho.

1.4. METODOLOGIA

1.4.1. Tipo de pesquisa

A abordagem que será utilizada na pesquisa é do tipo quali-quantitativa, pretendendo avaliar o desempenho produtivo das espécies estudadas nas condições de clima e solo local e suas possíveis contribuições para a melhoria dos atributos do solo. Esse tipo de abordagem se caracteriza tanto na fase de coleta de dados quanto no seu tratamento, pela utilização de técnicas estatísticas (BAPTISTA; CUNHA, 2007).

1.4.2. Caracterização da área experimental

O experimento foi realizado na comunidade São Lourenço, município de Terra Alta, sob coordenadas 1°01'52,5"S e 47°56'00,7"W, localizado na Microrregião do Salgado, pertencente à Mesorregião do Nordeste Paraense, fazendo fronteira ao norte com o município de Curuçá e a leste com o município de Marapanim, ao sul com os municípios de São Francisco do Pará e Castanhal e a Oeste com São Caetano de Odivelas e São João da Ponta (SEPOF, 2014).

A classificação do clima da região é do tipo Am de acordo com a classificação de Koppen-Geiger (KOTTEK, et al., 2006), com clima tropical úmido, apresentando estação seca de curta duração e período chuvoso com elevada precipitação pluviométrica, com média anual variando entre 2500 mm e 3000 mm.

Os solos do município pertencem predominantemente às classes Latossolos Amarelos e Argissolos Amarelos, que compreendem solos minerais, bem drenados, profundos, ácidos, com baixa fertilidade natural e presença de horizonte do tipo A moderado (GAMA; RODRIGUES; CARDOSO JUNIOR, 2000).

Para caracterização química do solo, foram coletadas amostras de solo de acordo com o Manual de Métodos de Análise de Solo da EMBRAPA (2017), onde coletou-se as amostras de solo na profundidade de 0 a 20 cm para caracterização química do local e encaminhou-se ao laboratório Terra em Goiânia para realização das análises.

1.4.3. Histórico e manejo da área experimental

Antecedendo a implantação do experimento, a área experimental passava por um período de pousio (descanso) de aproximadamente 3 anos, onde nesse período ocorreu a formação de capoeira (vegetação espontânea de porte médio com de aproximadamente 3 metros). A área foi cultivada com as culturas da mandioca, feijão, milho, arroz, maxixe e quiabo em sistema de rotação e em caráter de subsistência, sendo que nesse sistema, a cultura da mandioca foi predominante ao longo de aproximadamente 15 anos. Durante esse de manejo, o

solo não recebeu qualquer tipo de corretivo e adubação mineral adequado, sendo feito de forma aleatória, sem acompanhamento técnico.

1.4.4. Divisão do experimento em partes para efeito de estudos

Para melhor entendimento da pesquisa, dividiu-se este trabalho em três partes:

Capítulo 2: Avaliação da produção de milho (*Zea Mays*, L) nas diferentes doses de inoculante em solo cultivado e incorporado com leguminosas.

Capítulo 3: Produção de biomassa aérea e número de nódulos de leguminosas cultivada em consórcio com o milho crioulo.

Capítulo 4: Efeito da adubação verde nas propriedades químicas do solo.

CAPÍTULO 2

AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO DE MILHO (*Zea mays*, L) NAS DIFERENTES DOSES DE INOCULANTE EM SOLO CULTIVADO E INCORPORADO COM LEGUMINOSAS.

2.1. INTRODUÇÃO

A agricultura familiar constituída por pequenos e médios agricultores representa a maioria dos produtores rurais no Brasil, sendo estes os maiores responsáveis pela produção de grande parte dos alimentos que abastecem a mesa dos brasileiros, como o feijão, arroz, milho, hortaliças, mandioca e pequenos animais (CARPENTIERI-PÍPOLO et al., 2010).

Para Silva et al. (2018) as sementes crioulas representam um modo de produção de uma agricultura mais sustentável e de acordo com Santos et al. (2017) o uso dessas sementes crioulas é uma das alternativas para livrar a agricultura familiar da dependência da aquisição anual de sementes híbridas ou transgênicas.

O milho é um dos cereais mais cultivados e produzidos no mundo devido à grande capacidade de adaptação às diferentes condições ambientais e ao valor nutricional, sendo destinado tanto para a alimentação humana quanto animal e também pela geração de renda, principalmente pela produção de grãos (COSER, 2010). Para a produção do grão, são necessários grandes investimentos em tecnologia. Geralmente as cultivares são selecionadas para responder a adubação solúvel, resistência a pragas e altas produtividades de grãos (EICHOLZ et al., 2016).

Diante deste cenário, nem sempre é possível fornecer toda essa tecnologia para o agricultor familiar conseguir atingir altos potenciais de rendimento, sendo necessárias alternativas para a produção de milho, onde devem ser estudadas para a garantia da soberania alimentar desses povos (BIANCHETTO et al., 2017).

Dessa forma, o uso de bactérias diazotróficas que promovem o crescimento da cultura do milho, quando associada aos benefícios das leguminosas utilizadas como adubação verde, pode reduzir ainda mais o custo com adubação nitrogenada, a qual é uma das mais onerosas na produção de grãos. Segundo Hungria (2011), a inoculação das sementes de milho com *Azospirillum brasilense* pode resultar em maiores benefícios, sendo um desses benefícios uma menor poluição ambiental resultante da produção de fertilizantes nitrogenados, por conta da através da fixação biológica.

2.2. MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1. Plantio e adubação do milho

As amostras de solo foram coletadas de acordo com o Manual de Métodos de Análise de Solo da EMBRAPA (2017), para que então pudesse ser feito a caracterização química da área experimental (Tabela 01) e recomendações de calagem e adubação.

Tabela 01: Análise química do solo da área experimental. Terra Alta, Pará. Dezembro, 2019.

Camada	MO %	pH em H ₂ O	P	K	N %	Ca	Mg	Ca+Mg	Al	H+Al	CTC	m	V	
			- mg dm ⁻³ -			----- cmolc dm ⁻³ -----						---- % ----		
0-20 cm	2,0	4,0	3,0	22	0,10	0,4	0,1	0,5	0,70	3,5	4,06	56	14	

MO= Matéria Orgânica; pH=Potencial Hidrogeniônico; P=Fosforo; K=Potássio; Ca=Cálcio; Mg= Magnésio; Ca+Mg= Soma de Cálcio e Magnésio; Al= Alumínio; H+Al=Acidez potencial; CTC= Capacidade de Troca de Cátions Total; m= Saturação por Alumínio; V=Saturação por Bases.

O preparo mecanizado da área foi feito com grade aradora, com duas gradagens na profundidade de 0-20 cm, aproximadamente, sendo o primeiro corte no sentido da declividade do terreno e o segundo no sentido contrário ao mesmo para reduzir o processo erosivo ocasionado no período mais chuvoso, o qual é mais acentuado durante o desenvolvimento inicial das espécies consorciadas. Posteriormente, procedeu-se o esquadrejamento da área (Figura 01) para delimitação das parcelas experimentais.

Figura 01: Esquadrejamento da área experimental. Terra Alta, Pará. Dezembro, 2019.



Fonte: Arquivo pessoal, 2019.

Para o esquadrejamento das parcelas, utilizou-se estacas de *Acacia mangium*, presente nas redondezas. Por conta das chuvas intensas neste período, a calagem foi realizada no dia 26/12/2019, que por meio da interpretação da análise de solo e com base no Manual de

Interpretação de Análise de Solo do Estado do Pará, sugerido por Brasil, Cravo e Viégas (2020), foram aplicados $1,54 \text{ t.ha}^{-1}$ de calcário dolomítico com fórmula química de $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ com teores de CaO de 33%, MgO 16% e PRNT médio de 95%. O cálculo da necessidade de calagem foi realizada visando a elevação da saturação de bases do solo para 50%.

A inoculação das sementes de milho crioulo (Figura 02) foram realizadas com as diferentes doses de *Azospirillum brasiliense* cujo nome comercial é NODUGRAM L e possui as seguintes estirpes Ab-V5 e Ab-V6 com garantia de concentração de 2×10^8 UFC/ml e dose recomendada é de 100 ml/ha.

Figura 02: Inoculação das sementes de milho crioulo. Terra Alta, Pará. Janeiro, 2020.



Fonte: Arquivo Pessoal. 2020.

Cerca de 20 dias após a calagem (15/01/2020), foi realizado o plantio das sementes inoculadas e testemunhas nas parcelas sorteadas (Figura 03), sendo cada parcela composta por 5 linhas de milho, espaçadas de 1,00 m entre linhas e 0,25 m entre plantas (50.000 plantas/ha). Foi utilizado para o semeio uma plantadora manual (matraca) com regulagem para três sementes por cova, sendo feito desbaste 15 dias após plantio (DAP).

Figura 03: Plantio das sementes de milho. Terra Alta, Pará. Janeiro, 2020.

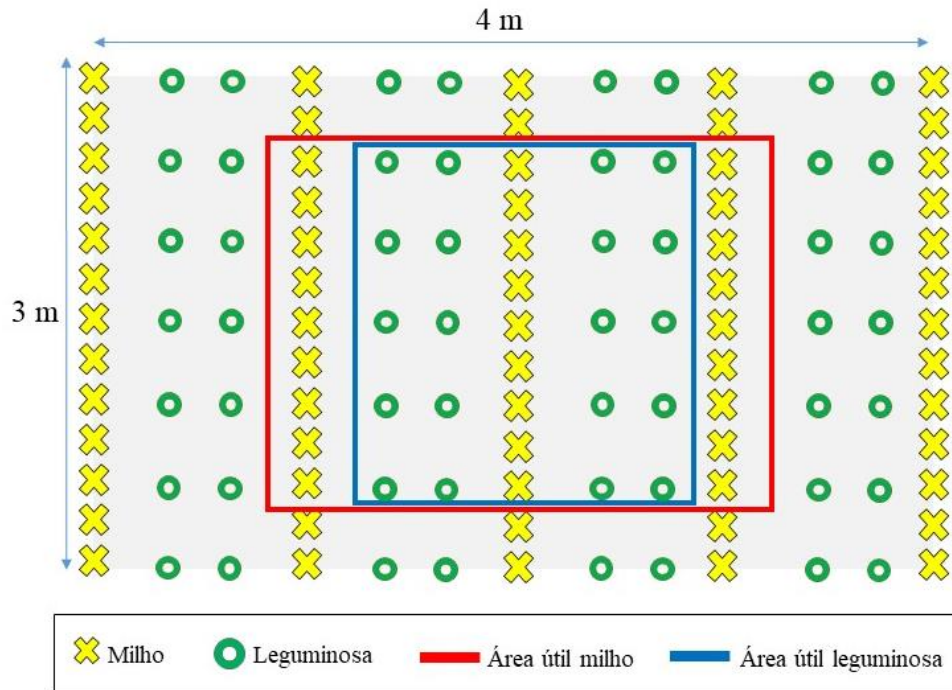


Fonte: Arquivo pessoal, 2020.

A adubação do milho foi calculada seguindo recomendação de Brasil, Cravo e Viégas (2020), sendo a primeira aplicação realizada após 15 DAP com a metade das doses de N e K, aplicando $62,5 \text{ kg.ha}^{-1}$ de Ureia e $51,73 \text{ kg.ha}^{-1}$ de KCl (50% da dose calculada) respectivamente. A aplicação de P foi em dose total, com $219,51 \text{ kg.ha}^{-1}$ de Super Fosfato Triplo. A distribuição dos fertilizantes se deu de forma manual nas linhas de cultivo. A segunda parcela de adubação foi realizada aos 45 DAP, sendo aplicado a outra metade de Ureia e KCl, na quantidade de $62,5 \text{ kg.ha}^{-1}$ e $51,73 \text{ kg.ha}^{-1}$, respectivamente.

A primeira limpeza da área (capina) ocorreu antes do plantio das leguminosas (14/02/2020), que ocorreu 30 DAP do milho, onde as espécies leguminosas foram plantadas nas entre linhas do milho com espaçamento de 0,33 m entre as plantas de milho, formando fileira dupla e 0,50 m entre plantas de leguminosas (40.000 plantas/ha), conforme ilustrado na figura 4. Ao atingir 80% de sua floração, cerca de 95 dias após o plantio do milho, as espécies leguminosas foram incorporadas de forma manual, com o auxílio de uma enxada para corte e incorporação ao solo. As parcelas tinham área útil de $4,0 \text{ m}^2$, desconsiderando as bordaduras.

Figura 04: Croqui de cada unidade experimental (parcela). Terra Alta, Pará. Janeiro, 2020.



Fonte: Arquivo Pessoal, 2020.

2.2.2. Tratamento e manejo das parcelas

Os tratamentos foram representados pelo plantio de milho crioulo variedade Pontinha cultivado em consórcios com leguminosas e de forma solteiro, inoculados com cinco diferentes doses de *Azospirillum brasiliense*, sendo representados da seguinte forma:

- Tratamento 1: 0 ml/ha;
- Tratamento 2: 50 ml/ha;
- Tratamento 3: 100 ml/ha; (dose recomendada)
- Tratamento 4: 150 ml/ha;
- Tratamento 5: 200 ml/ha.

2.2.3. Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o Inteiramente Casualizado (DIC), com 12 repetições, onde utilizou-se cinco doses diferentes de inoculante *Azospirillum brasilienses* nas sementes de milho crioulo da variedade Pontinha, tendo então o total de 60 parcelas com área de 3,00 m x 4,0 m cada uma. Cabe destacar que como não houve efeito da interação das doses de inoculante com as leguminosas estudadas, procedeu-se a análise apenas das doses de inoculantes na cultura do milho.

2.2.4. Parâmetros de avaliação do milho

Em cada parcela foram amostradas três plantas, sendo devidamente marcadas para as medições de altura de planta a cada 30 dias, obtendo-se os dados médios de doze plantas para cada dose utilizada para este parâmetro, escolhidas aleatoriamente dentro da área útil de cada parcela.

Para as avaliações de produção de grãos, comprimento e diâmetro da espiga, número de fileiras de grãos e número de grãos, foram consideradas quatro plantas da área útil de cada parcela, obtendo-se os dados médios correspondente ao número de doze plantas úteis.

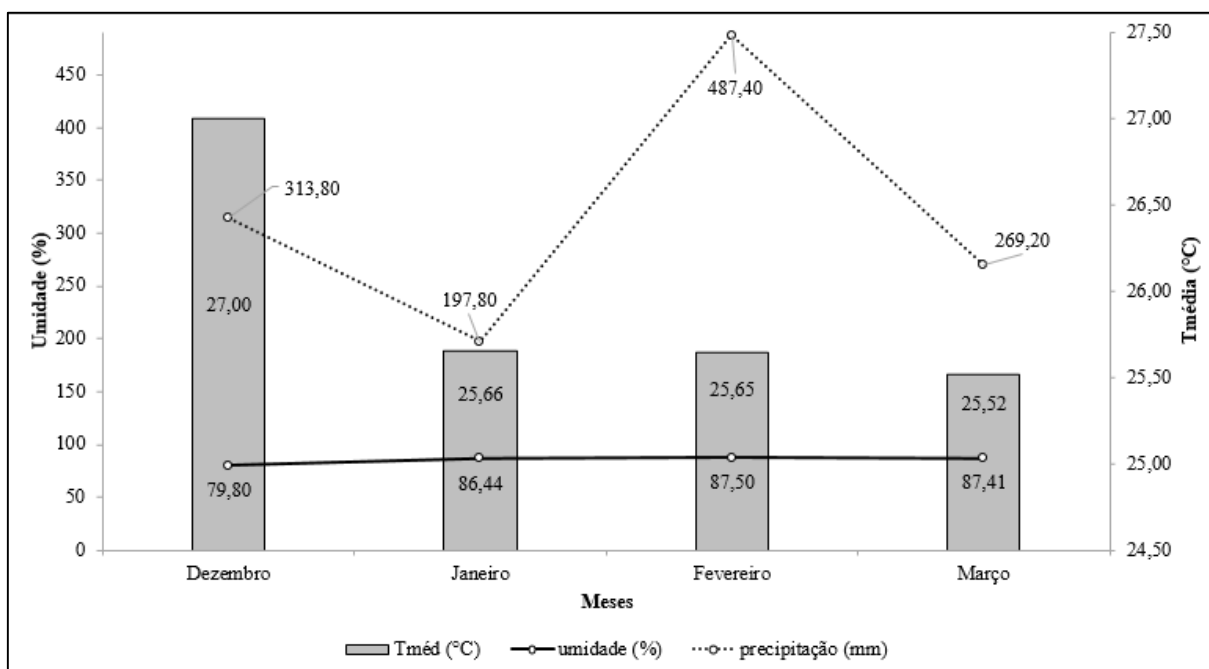
A altura da planta foi medida da superfície do solo à inserção da última folha (ápice). Quando da emissão da flecha (flores masculinas), essa medida foi tomada da superfície do solo à inserção da flecha. O processo de medição foi iniciado a partir do 30º dia do plantio. O comprimento médio de espiga foi obtido tomando-se a média do comprimento de todas as espigas colhidas das plantas úteis das parcelas.

O rendimento de grãos médio por tratamento foi obtido mediante a produção de grãos da área útil ($4,0 \text{ m}^2$) das parcelas com as diferentes doses de inoculantes e transformados em kg ha^{-1} com sua umidade corrigida para 12%, sendo alcançada pelo peso total de grãos obtidos a partir das plantas selecionadas da área útil em cada parcela. A umidade correção da umidade a 12%, as amostras coletadas foram acondicionadas em estufa de circulação forçada a 65°C por 10 horas, sendo efetuada 3 verificações nesse período por meio de pesagem dos grãos.

2.2.5. Distribuição de chuva mensal ao longo do experimento

Durante o ciclo do milho foi realizado o registro diário da precipitação pluviométrica, a partir do preparo de área em dezembro de 2019 à sua colheita em março de 2020, que se encontra distribuída mensalmente no gráfico 02. No mês de março, a precipitação foi a maior registrada no período com média/dia de 33,60 mm,

Gráfico 01: Comportamento climático no município de Terra Alta de dezembro de 2019 a março 2020.



Fonte: Elaborado pelo autor. ClimaTempo, 2021.

2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1. Altura da planta

Neste estudo, os dados médios de altura de planta de milho, submetidos à análise de variância ($p < 0,05$), não apresentaram diferenças significativas decorrente da inoculação das sementes de milho com *Azospirillum brasiliense*. No entanto, é possível notar na tabela 02 a influência da inoculação nas três amostragens de altura da planta, onde apesar de não possuírem diferença significativa, os dados demonstram resultados positivos quanto ao crescimento das plantas de milho em cada período amostrado.

Tabela 02: Altura da planta por tratamento em relação aos dias após plantio.

Doses	90 DAP cm
0 m	181,65 a
50 ml	180,27 a
100 ml	185,75 a
150 ml	176,51 a
200 ml	177,54 a

*Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si, a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

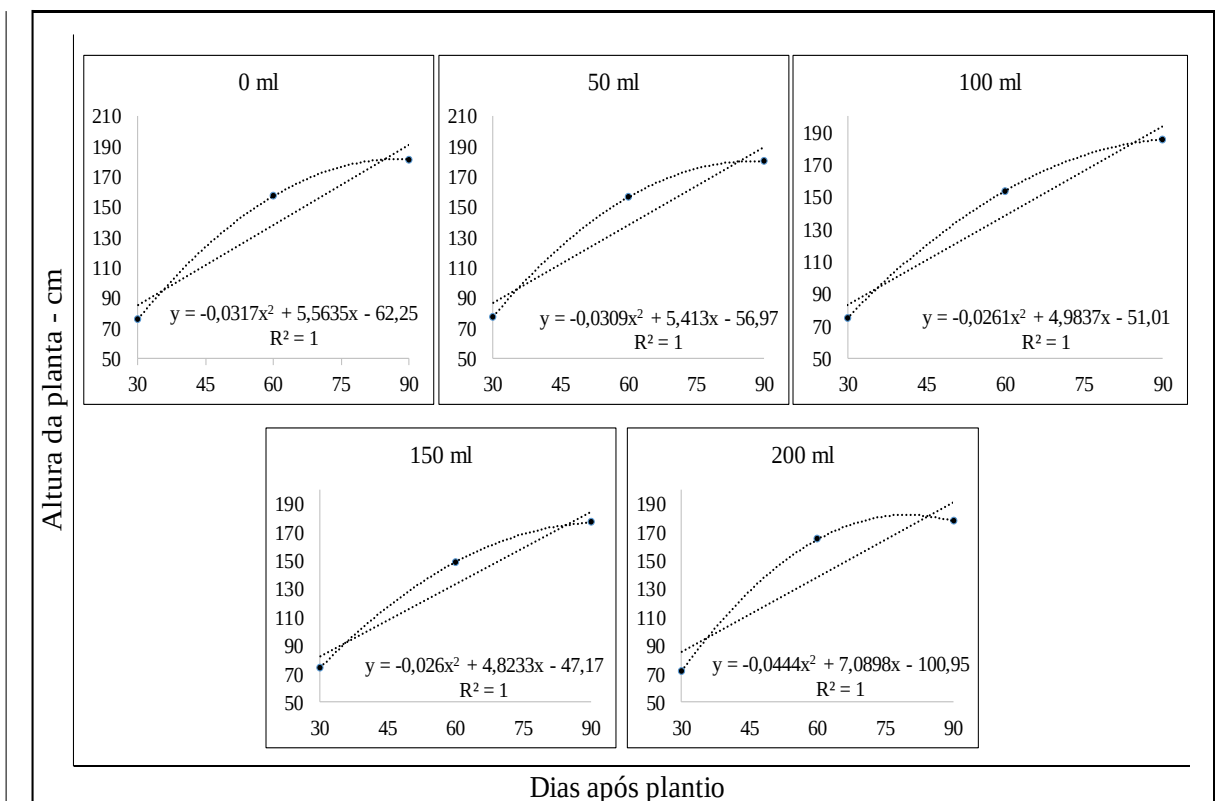
Os dados encontrados neste estudo corroboram com os encontrados por Repke et al. (2013); Godoy et al. (2011); Follmann et al. (2013), onde estudaram a resposta do milho a

diferentes doses de *Azospirillum brasiliense* e, observaram em todas as avaliações realizadas que não houve efeitos significativos decorrentes da aplicação do inoculante nas sementes de milho.

Os resultados obtidos se assemelham com outros publicados, em que as respostas não significativas podem estar relacionadas a diversos fatores como estirpes de bactérias, concentração, adaptação edafoclimática. Segundo Mehnaz e Lazarovits (2006), os resultados positivos encontrados na literatura, estão relacionados, na maioria das vezes a fatores da própria bactéria, como por exemplo: a escolha da estirpe, o número ideal de células por sementes e sua viabilidade. Para os autores Arsac et al. (1990), a concentração da bactéria na solução do inoculante é mais importante que a dose.

Dessa forma, vários aspectos devem merecer atenção em relação à eficiência da bactéria, ressaltando-se a seleção de estirpes adaptadas às condições climáticas locais, às culturas e cultivares usadas, sendo necessário testar as estirpes de *Azospirillum* (ROESCH et al., 2006).

Figura 05: Médias de altura de plantas de milho inoculado com diferentes doses de *A. brasiliense*.



Fonte: Elaborado pelo autor. 2020.

Contudo apesar dos resultados encontrados neste trabalho não diferirem estatisticamente, observa-se na figura 05 que ocorreu o maior valor médio (186,75 cm) na

dosagem de 100 ml do inoculante, mostrando que o crescimento da planta foi mais acentuado que o período anterior, verificando-se a partir daí uma tendência de estabilização.

2.3.2. Comprimento e diâmetro de espiga

Os resultados de comprimento de espiga de milho (Tabela 03), quando submetidos à análise de variância, não conferiram diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as dosagens de inoculante avaliadas. É possível observar o maior valor absoluto de comprimento de espiga (14,46 cm) para as plantas sem inoculação de semente, neste caso a testemunha.

Tabela 03: Efeitos das doses de *Azospirillum brasiliense* na produção de milho crioulo.

Tratamentos	Comprimento espiga cm	Diâmetro espiga cm	Nº grãos/espiga	Peso seco grãos* g/espiga	Rendimento grãos* kg/ha ⁻¹
0 ml	14,46 a	3,34 a	279,83 a	74,15 a	3.707,83 a
50 ml	13,58 a	3,49 a	256,41 a	74,21 a	3.710,67 a
100 ml	14,27 a	3,50 a	265,00 a	77,14 a	3.857,50 a
150 ml	13,89 a	3,43 a	286,91 a	76,26 a	3.813,50 a
200 ml	14,31 a	3,54 a	309,00 a	80,70 a	4.035,33 a
CV%	17,5	12,1	22,8	24,0	24,0

*12% de umidade. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si, a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Observa que os valores médios de diâmetro de espiga de milho (Tabela 03), quando submetidos à análise de variância, também não conferiram diferenças significativas ($p < 0,05$). Apesar da não significância, o efeito das doses de *A. brasiliense* pode ser observado ao comparar as médias das doses sob o diâmetro de espiga de milho, obtido de plantas inoculadas, com destaque para a dose 200 ml que proporcionou o maior valor absoluto para o diâmetro de espiga dentre os tratamentos com 3,54 cm.

2.3.3. Rendimento de Grãos

Para os resultados de Número de Grãos por Espiga (Tabela 03), a análise de variância não apresentou diferença significativa a 5% de probabilidade, apresentando valores que variam de 256,4 a 309,0 grãos por espiga, com pesos secos médios que variam de 74,2 a 80,7 g por espiga. Em termos absolutos, é possível comparar as médias obtidas dos tratamentos para o Rendimento de Grãos por Hectare, onde a inoculação das sementes de milho com *Azospirillum brasiliense*, apresentaram rendimento médio para as doses 0 e 50 ml de 3.707,8 e 3.710,7 kg.ha⁻¹, respectivamente. Já para as doses de 100 ml e 150 ml, o rendimento obtido foi de 3.857,5 e 3.813,5 kg.ha⁻¹. O destaque ficou para a dose de 200 ml, que apesar de não apresentar diferença

significativa para os demais tratamentos, proporcionou os maiores valores de rendimento médio de grãos com 4053,3 kg.ha⁻¹.

De acordo com Cavallet, Pessoa e Helmich (2000), a inoculação da bactéria *Azospirillum spp.* pode proporcionar rendimentos positivos com um incremento médio na ordem de 17% na produção de grãos de milho.

Ao pesquisar por dois anos consecutivos a inoculação de *A. brasilense* em milho, Zemrany et al. (2006), constataram efeito da inoculação sobre o crescimento de raízes e o desenvolvimento e plantas, porém, não encontraram respostas agronômicas favoráveis sobre a produtividade de grãos, corroborando com os encontrados neste trabalho. Resultado semelhante foi evidenciado por Roberto, Silva e Lobato (2010), já que quando analisado o efeito da aplicação de diferentes doses de inoculante à base *Azospirillum* em sementes de milho, não foram verificados incrementos na massa seca de grãos.

Ademais, de acordo com HUNGRIA (2011), tais resultados relacionados aos efeitos da inoculação sobre a produtividade, são dependentes de características genéticas da planta, e a influência positiva é mais bem observada em lavouras com investimentos mais baixos. Em contrapartida, há diversos relatos na literatura de estudos como o de Lana et al., (2012), em que verificaram que a inoculação com *Azospirillum* sem a adição de N proporcionou incrementos de 7 a 14% na produtividade de grãos de milho.

Sendo assim, é importante ressaltar que a adaptação da planta às condições edafoclimáticas e intrínsecas da própria variedade, interferem na sua produção e sobrevivência das bactérias inoculadas, em função de estarem associadas à rizosfera ou no interior dos tecidos vegetais, o que as torna muito vulneráveis ao ambiente. Isso pode acarretar variação nos resultados de inoculação, sendo estes o sucesso ou a ausência dos efeitos esperados.

2.4. CONCLUSÕES

Com base nas análises e discussões apresentadas, conclui-se que:

- Não se constatou influência do uso de inoculantes *Azospirillum brasiliense* na altura da planta de milho.
- A estirpes utilizadas na inoculação com *Azospirillum brasiliense* nas condições edafoclimáticas do município de Terra Alta - PA, não proporcionou resultados positivos à cultura do milho, pois não apresentou respostas agronômicas favoráveis sobre a produtividade de grãos

- Se fazem necessárias pesquisas de novas estirpes e tipos de formulações de inoculantes para aumentar a eficiência da inoculação, pois é uma prática promissora e com potencial para o desenvolvimento de formas de manejo mais sustentáveis.

CAPÍTULO 3

PRODUÇÃO DE BIOMASSA AÉREA E NÚMERO DE NÓDULOS DE LEGUMINOSAS CULTIVADAS EM CONSÓRCIO COM O MILHO CRIOULO.

3.1. INTRODUÇÃO

O conceito de Ceccon (2013) descreve o consórcio como uma tecnologia em que se cultivam simultaneamente duas ou mais espécies vegetais na mesma área agrícola, tendo como objetivo a produção de grãos, cobertura vegetal para a cultura subsequente, forragem para alimentação animal, seja na forma de silagem ou feno, e mesmo a reforma de pastagem, com inegáveis benefícios para a sustentabilidade.

O manejo do solo é definido por um conjunto diferenciado de práticas relacionadas entre si para torná-lo adequado ao pleno desenvolvimento da atividade agrícola (BERTOL et al., 2014). Os solos cultivados devem ser manejados para alterar positivamente suas propriedades físico-químicas e biológicas, especialmente aquelas que afetam a infiltração e retenção de água, como porosidade e agregação (KAPPES, 2012), para proporcionar altos rendimentos por tempo indeterminado.

De acordo com Heinrichs et al. (2005), onde avaliaram o consórcio do milho com diversas culturas, entre elas o guandu anão e a *C. spectabilis*, semeados na entrelinha do milho, verificaram que no primeiro ano de cultivo, as consorciações não afetaram a produtividade do milho, e no segundo ano, o melhor consórcio foi com o feijão-de-porco.

Por sua vez, Mehl et al. (2010), em trabalho sobre a produção de biomassa e padrão de decomposição de adubos verdes, verificaram que o consórcio com Feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) e milheto (*Pennisetum glaucum*), mantidos sob manejo orgânico, aumentou, significativamente, o aporte de material orgânico mais resistente à decomposição.

Os principais benefícios da adubação verde, é a promoção da cobertura do solo, a partir da produção de fitomassa, possibilitando maior retenção de água, manutenção da sua fertilidade, proteção e manutenção da vida microbiana do solo (SANTOS e SILVA, 2019).

Quando o sistema envolve além dos microrganismos em plantas hospedeiras, é chamado de "fixação simbiótica de nitrogênio", sendo a associação *Rhizobium*-leguminosas o exemplo agrônomo mais proeminente. Em leguminosas, existem várias etapas na formação do nódulo, que vão desde a sinalização molecular entre a planta hospedeira e microssimbiontes até a funcionalidade do nódulo. O rizóbio é uma bactéria aeróbica que pode viver saprofiticamente no solo na ausência de uma leguminosa hospedeira. Portanto, na prática, a inoculação geralmente não é necessária porque as bactérias já estão no solo (CARVALHO; AMABILE, 2006).

3.2. MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1. Tratamentos

Os tratamentos foram constituídos de duas espécies de leguminosas: Feijão-caupi (*Vigna unguiculata*), Feijão-de-Porco (*Canavalia ensiformes*) e Testemunha. Para testemunha, foi considerada a área sem cultivo de leguminosas e com vegetação espontânea rala entre as parcelas de cada bloco.

3.2.2. Delineamentos experimental

O delineamento experimental utilizado foi o Inteiramente Casualizado (DIC) em parcelas com 3 tratamentos representados por duas espécies de leguminosas e uma testemunha, na profundidade de 0-20 cm, com 15 repetições. As parcelas foram constituídas de 12 m² (3x4m), espaçadas entre si de 1 m.

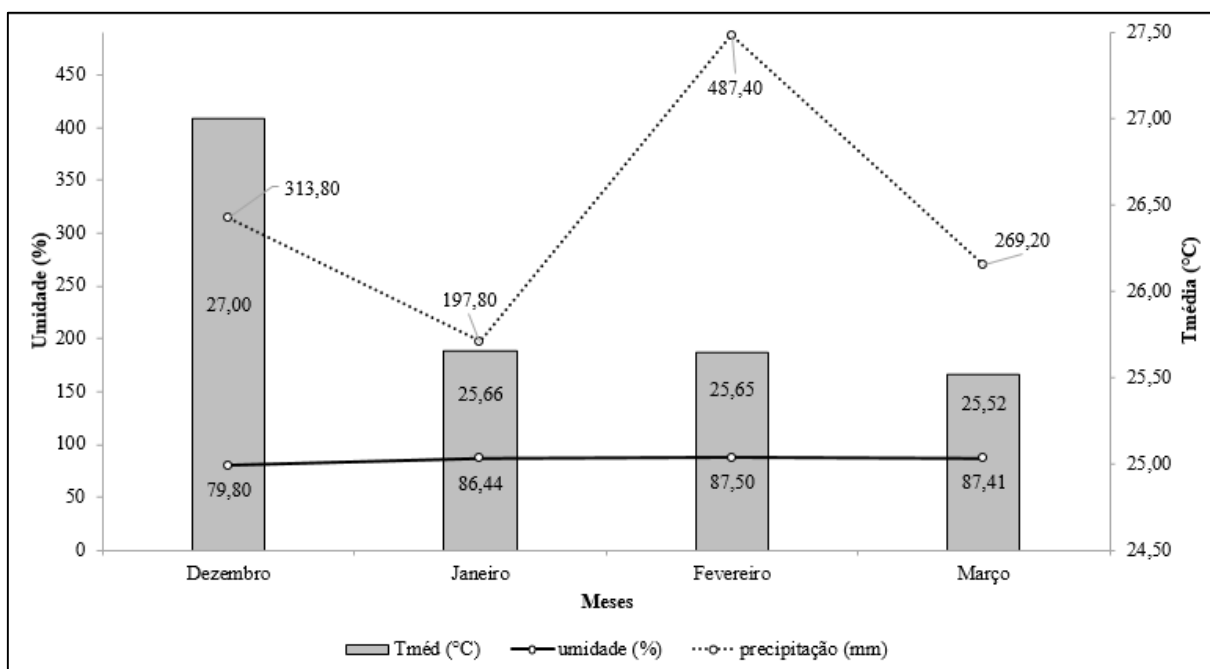
Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e quando significativas pelo teste F ($p < 0,05$), suas médias foram contrastadas pelo teste T ($p < 0,05$). O processamento das análises, foi realizado pelo software AgroEstat - Sistema para Análise Estatística de Ensaio Agrônômicos (BARBOSA e MALDONADO, 2010).

3.2.3. Distribuição mensal da precipitação pluviométrica ao longo do experimento

A precipitação pluviométrica foi observada desde o preparo da área experimental até o final do período vegetativo das leguminosas nas parcelas, de dezembro de 2019 a março de 2020. Nesse período, a precipitação acumulada foi de 1268,2 mm, conforme demonstrado no gráfico 03.

Nesta época do ano a precipitação é alta, pois faz parte do chamado Inverno amazônico que perdura entre os meses de dezembro a maio do ano seguinte. Durante estes meses de chuva intensa é que os agricultores seguem seu calendário sazonal, para produção de grãos e/ou milho verde.

Gráfico 03: Comportamento climático no município de Terra Alta de dezembro de 2019 a março 2020.



Fonte: CLIMA-TEMPO. Elaborado pelo autor, 2021.

3.2.4. Coleta e preparo das amostras de tecido vegetal e nódulos

A coleta de material vegetal para a análise de biomassa aérea fresca e seca, ocorreu a 90 dias após o plantio (DAP), onde cerca de 80% das plantas de espécies leguminosas estavam em floração. Para tal procedimento, utilizou-se um quadrado de madeira com dimensões de 0,50 m x 0,50 m, coletando assim, todo o material vegetal presente nesta área de 0,25 m² (NASCIMENTO, 2000).

As plantas de espécies leguminosas foram medidas para Altura da planta (AP) do solo até a ponta da última folha formada e o Diâmetro do caule (DC) medido à 5 cm do chão. Posteriormente a coleta, as amostras foram pesadas para a quantificação da massa fresca, em seguida levadas a uma estufa de circulação forçada a 65 °C e após 48 horas, pesadas novamente para quantificação da biomassa seca (BMS).

A coleta de nódulos (Figura 05) de bactérias das raízes das espécies leguminosas foi realizada seguindo a metodologia de Hungria (1994. p.52), envolvendo um círculo de aproximadamente 15 cm em volta da planta a uma profundidade de 30 cm. O solo rizosférico fora coletado e peneirado em duas peneiras com diâmetro de malha de 2,00 e 1,00 mm, para separar os nódulos do solo, visando garantir a recuperação do maior número possível de nódulos. Os nódulos coletados foram contados e pesados para a obtenção da massa fresca e submetidos ao acondicionamento em sacos de papel para secagem em estufa de circulação forçada a 65 °C, e pesados novamente para quantificação a massa seca de nódulos.

Figura 05: Coleta e contagem de nódulos. Terra Alta, Pará. Abril, 2020.



Fonte: Arquivo pessoal. 2020.

3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1. Biomassa aérea e seca

Os dados de crescimento das espécies leguminosas apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos (Tabela 04), onde verificou-se para a Altura da Planta (AP) e Diâmetro Caulinar (DC) com valores para o tratamento com Feijão-de-porco com 73,41 cm e 5,76 mm, respectivamente. Já o Feijão-caupi obteve os valores de 41,24 cm de Altura da planta e 2,34 mm de Diâmetro caulinar, podendo isto ser explicado pela diferença morfológica e adaptação das espécies em estudo ao clima e solo da área, destacando, assim, os maiores valores de AP e DC para o Feijão-de-porco.

Tabela 04: Resultados da produção de biomassa aérea dos tratamentos com espécies leguminosas. IFPA-Campus Castanhal, 2020.

Tratamentos	AP cm	DC mm	BMS t.ha ⁻¹
Feijão-de-porco	73,41 a	5,76 a	0,90 a
Feijão-caupi	41,24 b	2,34 b	0,13 b
CV%	50,1	38,03	36,55

*Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si, a nível de 5% de probabilidade pelo teste t. AP = Altura da planta; DC= Diâmetro caulinar; BMS= Fitomassa Seca.

Nos resultados da análise de biomassa seca (BMS), verificou-se a diferença significativa entre os tratamentos, com destaque para o tratamento de Feijão-de-porco que produziu $0,9 \text{ t.ha}^{-1}$, enquanto que o tratamento Feijão-caupi apresentou $0,13 \text{ t.ha}^{-1}$. A diferença observada entre as espécies de leguminosas está relacionada ao potencial produtivo de biomassa das espécies estudadas e a adaptação das espécies às condições edafoclimáticas da região. A produção de BMS, como consequência do manejo de leguminosas, condicionou ao solo um efeito positivo proporcionado pelo aporte de matéria orgânica (M.O.), refletindo no aumento da capacidade de troca de cátions (CTC) e nos valores de saturação por base (V%).

As produções do tratamento com Feijão-de-porco corroboram com as informações de aporte de BMS encontradas por Silva et al. (2008) com $25,22 \text{ t.ha}^{-1}$, Mehl et al. (2010) com $376,4 \text{ g.m}^{-2}$ de biomassa seca e Wutke et al. (2007) com uma variação de 5 a 8 t.ha^{-1} , que evidenciaram índices satisfatórios de produção de biomassa seca desta espécie de leguminosa. Heinrichs et al. (2005) também evidenciou uma satisfatória produção de biomassa seca pelo Feijão-de-porco com $1,36 \text{ t.ha}^{-1}$, onde a espécie leguminosas foi semeada, 30 dias após o semeio do milho, no primeiro ano de cultivo consorciado com milho, comprovando dessa forma, os resultados apresentados nesta pesquisa.

Os resultados não condizem com os evidenciados por Coelho Filho et al. (2017), que demonstraram a tendência de maior produção de biomassa seca do Feijão-caupi em sistema de cultivo solteiro.

Os resultados encontrados por Nascimento e Silva (2004), mostram que a produção de biomassa, sendo uma das principais características das leguminosas, possuem disparidades na produção desse material entre as espécies, podendo ser atribuída à resistência e a sensibilidade das espécies ao déficit hídrico e das condições de degradação da área experimental.

3.3.2. Número e peso de nódulos

Os valores de número (NN) e massa fresca (MFN) e seca de nódulos (MSN) das espécies de leguminosas, ao serem submetidos ao teste T e suas médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, apresentaram diferença significativa entre os tratamentos avaliados (Tabela 05), com destaque para o tratamento com Feijão-de-porco que apresentou os maiores valores de $27,4 \text{ nódulo planta}^{-1}$, massa fresca de nódulos com $1,69 \text{ g.planta}^{-1}$ e massa fresca de nódulos com $0,54 \text{ g.planta}^{-1}$, valores estes que são explicados pela diferença morfológica das espécies.

Os valores de NN, MFN e MSN no tratamento com Feijão-caupi se mostraram inferiores comparados ao tratamento com Feijão-de-porco, em que foram contabilizados para os parâmetros de 12,86 nódulo.planta⁻¹, 0,42 g.planta⁻¹ e 0,10 g.planta⁻¹, respectivamente.

Ao avaliarem diversos manejos de Feijão-caupi cv. Corujinha, Chagas Junior et al. (2014), manejaram o tratamento testemunha de seu experimento de forma semelhante aos tratamentos (TFC, TFP) do trabalho em estudo (cultivo solteiro/sem adubação), obtendo valores para a produção de NN de 20 nódulos.planta⁻¹ de Feijão-caupi, valores superiores aos observados no tratamento com Feijão-caupi deste trabalho e valores de MSN inferiores com 0,047 g planta⁻¹ para essa mesma espécie de leguminosa.

Segundo Chada e De-polli (1988), o Feijão-de-porco foi a leguminosa que apresentou os maiores valores em todos os parâmetros avaliados (NN, MSN), no qual a produção de nódulos chegou ao valor de 190 nódulos planta⁻¹ e massa seca de nódulos 0,583 g.planta⁻¹. Resultados semelhantes aos encontrados neste estudo, onde o tratamento com Feijão-de-porco) despontou com os maiores valores nos parâmetros avaliados. Valores superiores nos tratamentos com Feijão-de-porco, também foram evidenciados por Fernandes et al. (2003).

O tratamento Feijão-de-porco se destacou em todos os parâmetros avaliados, esse fato pode influenciar em uma melhor eficiência de fixação de nitrogênio atmosférico realizado pelos nódulos das bactérias do gênero *Rhizobium*, que de acordo com Adôbereiner et al. (1966), são poucos os fatores que agem sobre a eficiência dos nódulos e na maioria dos casos, a fixação biológica de nitrogênio depende diretamente do peso dos nódulos.

Tabela 05: Resultados do número e massa seca de nódulos, nos tratamentos de leguminosas. IFPA-Campus Castanhal, 2020.

Tratamentos	NN	MFN	MSN
	- nódulo planta ⁻¹ -	----- g planta ⁻¹ -----	
Feijão-de-porco	27,40 a	1,69 a	0,54 a
Feijão-caupi	12,86 b	0,32 b	0,10 b
CV, %	73,09	87,14	90,51

*Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si, a nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. NN= Número de nódulos; MFN= Massa fresca de nódulos; MSN= Massa seca de nódulos.

3.3.3. Nitrogênio no solo

Os valores encontrados a partir da análise de solo, para os teores de Nitrogênio também não diferiram estatisticamente entre si a 5% de probabilidade, no entanto é possível notar na tabela 06, que o Feijão-de-porco proporcionou os melhores valores com 0,07% de nitrogênio

no solo. O tratamento com Feijão-caupi apresentou 0,06% de nitrogênio no solo, teor semelhante quando à testemunha.

Tabela 06: Análise de nitrogênio do solo da área experimental. Terra Alta, Pará. 2020.

Tratamentos	N %
Feijão-caupi	0,06 a
Feijão-de-porco	0,07 a
Milho solteiro	0,06 a

*Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si. N=Nitrogênio.

As espécies leguminosas proporcionam adições de N por meio da fixação biológica de N₂ (DE NOTARIS et al., 2018), além do maior teor dos compostos nitrogenados como proteínas em sua fitomassa contribuindo para elevação no teor de N no sistema (MACARENHAS; WUTKE, 2014). Desse modo, Freitas (2020) aponta o Feijão-de-porco em sua pesquisa com plantas de cobertura como provedora de nitrogênio na cultura do milho, como a planta de cobertura de maior valor acumulado de N na biomassa, com 147 e 190 kg ha⁻¹.

Valores semelhantes para o Feijão-caupi também foram constatados por Santos et al. (2015), que em seu experimento de adubação verde com a leguminosa, em plantio consorciado com mandioca (*Manihot esculenta*) na cidade de Castanhal-PA, obtiveram valores na faixa de 0,06% para todos os tratamentos com e sem a leguminosa, corroborando com os dados encontrados neste trabalho.

3.4. CONCLUSÕES

Dentre as espécies leguminosas avaliadas neste trabalho, conclui-se que:

- Desponta como maior produtora de Biomassa seca a espécie de leguminosa Feijão-de-porco;
- Maior poder de nodulação para o Feijão-de-porco, consequentemente, maior peso de Massa seca de nódulos;
- O Feijão-de-porco não diferiu estatisticamente dos demais tratamentos, no entanto proporcionou maior aporte de nitrogênio no solo dentre as espécies estudadas nas condições locais.
- A espécie de leguminosa Feijão-de-porco pode influenciar na maior fixação biológica de nitrogênio.

CAPÍTULO 4

EFEITO DA ADUBAÇÃO VERDE NAS PROPRIEDADES QUÍMICAS DO SOLO

4.1. INTRODUÇÃO

Uma das principais estratégias para recuperar solos de baixa fertilidade é o aporte de matéria orgânica (MO). Nesse sentido, espécies leguminosas podem adicionar MO ao solo por meio da serapilheira em um tempo relativamente curto, favorecendo a ciclagem de nutrientes e o processo de reabilitação (CHAER et al., 2011).

As leguminosas também apresentam notáveis quantidades de fósforo, potássio e cálcio na sua biomassa, proporcionado pelo seu sistema radicular ramificado e profundo, permitindo a reciclagem de nutrientes pela planta, disponibilizados para culturas subsequentes durante a decomposição (COSTA, 1993).

Segundo Callegari (2006), a utilização de plantas condicionadoras de solo incrementa o acúmulo de matéria orgânica, a disponibilidade de macro e micronutrientes, contribui para o aumento da CTC e diminuição dos efeitos tóxicos do alumínio. Além disso, ocorre incremento na mobilização dos nutrientes lixiviados, melhora a estrutura do solo, a capacidade de retenção de água e porosidade do solo (SANTOS et al., 2018).

A capacidade de simbiose com bactérias fixadoras de nitrogênio é o principal benefício decorrente do uso de espécies leguminosas como adubação verde (SAGRILO et al., 2009). E de acordo com Ferreira et al. (2012), como consequência disso, se tornaram uma opção viável para a sustentabilidade dos solos agrícola, diminuindo o uso de fertilizantes químicos e redução do custo de produção.

As leguminosas por meio da simbiose com bactérias fixadoras de nitrogênio, realizam a fixação biológica de nitrogênio, com baixa relação C/N, o que favorece a rápida decomposição e mineralização, e o N contribui significativamente para o sistema do solo (PARTELLI et al., 2011), o que pode diminuir o uso de N mineral na produção de milho (KAPPES et al. 2015). Por outro lado, devido à sua alta relação C/N, as gramíneas podem reduzir as perdas de N, promovendo sua reciclagem e maior cobertura do solo (PERIN et al., 2004).

Conforme o relato de Pandovan et al. (2015) devido ao seu sistema radicular pivotante das leguminosas, algumas espécies possuem a capacidade de romper camadas compactadas e profundas do solo, e absorver nutrientes dessas camadas subsuperficiais, favorecendo a reciclagem de nutrientes. E de acordo com os mesmos autores, esses benefícios podem contribuir para o melhor desempenho de produção de milho, sobretudo, como consequência da fixação biológica de nitrogênio (FBN) e a rápida liberação de Nitrogênio para o milho.

4.2. MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1. Tratamentos

Os tratamentos foram constituídos de duas espécies de leguminosas: Feijão-caupi, Feijão-de-Porco e Testemunha. Para testemunha, foi considerada a área com cultivo solteiro de milho, com mesmo sistema de preparo de área que os consórcios e com vegetação espontânea rala entre as parcelas de cada bloco.

O espaçamento utilizado para as leguminosas foi o de 0,33 m entre linhas e 0,50 m entre plantas, formando assim duas fileiras de leguminosas entre as linhas de milho, que possuíam 1,00 m de distância entre suas linhas. Não houve adubação das espécies leguminosas, visando o seu desenvolvimento natural e seus possíveis efeitos na qualidade química do solo.

As sementes das espécies leguminosas foram obtidas a partir do banco de sementes do IFPA, que fica localizado no setor de produção farinha de mandioca do Instituto Federal que armazena diversas sementes de espécies de leguminosas, hortaliças e outras culturas. O teste de germinação das sementes utilizadas seguiu os parâmetros estabelecidos pelas Regras para Análise de Sementes RAS (2009) e ocorreu próximo à área experimental, onde foram semeadas 100 sementes de cada espécie para verificar o índice de germinação, das sementes semeadas, apresentaram porcentagem de germinação de 92% de Feijão-de-porco e 89% de Feijão-caupi. O teste de germinação foi instalado em uma pequena área próximo à área experimental.

4.2.2. Delineamentos experimental

O delineamento experimental utilizado foi o Inteiramente Casualizado (DIC) em parcelas com 3 tratamentos representados por duas espécies de leguminosas e uma testemunha, na profundidade de 0-20 cm, com 15 repetições. As parcelas foram constituídas de 12 m² (3x4m), espaçadas entre si de 1 m. Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e quando significativas pelo teste F ($p < 0,05$), suas médias foram contrastadas pelo teste T ($p < 0,05$). O processamento das análises, foi realizado pelo software AgroEstat - Sistema para Análise Estatística de Ensaio Agrônômicos (BARBOSA e MALDONADO, 2010).

4.2.3. Coleta e preparo das amostras de solo

As amostragens de solo ocorreram ao final do ciclo das leguminosas, onde foram coletadas 20 dias após a incorporação da matéria vegetal das leguminosas, na profundidade de 0-20 cm e foram retiradas uma amostra de solo composta de cada parcela, totalizando 45 amostras compostas. Cada amostra composta foi representada por 3 amostras simples coletadas em pontos escolhidos aleatoriamente dentro das parcelas.

Para a coleta das amostras de solo, tomou-se como base o Manual de Métodos de Análise de Solo da EMBRAPA (2017). A partir disso, as amostras coletadas passaram por secagem a sombra e ao ar por um tempo aproximado de 72 horas. Após este tempo, o solo já seco foi passado em uma peneira de 2,0 mm de diâmetro para assim preparar as amostras para envio ao Laboratório Terra (Goiânia-GO), onde foram realizadas as análises dos seguintes atributos químicos: Matéria orgânica, pH, P, K, Ca, Mg, Ca+Mg, Al, H+Al, CTC total, saturação por base e alumínio.

4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.3.1. Caraterísticas químicas do solo

4.3.1.1. Potencial hidrogeniônico (pH)

Os resultados de pH do solo (Tabela 07) apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$), com os tratamentos de milho consorciado com leguminosas foram superiores ao tratamento testemunha, no entanto somente o Feijão-caupi que proporcionou um aumento médio significativo do pH (5,07), diferindo significativamente da testemunha (4,72), influenciando consideravelmente na diminuição da acidez do solo. Estes dados corroboram com os dados de Anunciação (2010), onde demonstrou que a partir da decomposição dos resíduos vegetais das leguminosas pode ocorrer uma diminuição na acidez do solo.

De acordo com Pavinato e Rosolem (2008), as elevações de pH a partir da adição de resíduos vegetais, decorre da complexação dos H^+ e Al^{3+} livres com compostos orgânicos aniônicos dos resíduos, tornando-o não disponíveis no solo e da elevação da saturação da CTC do solo pelos Ca, Mg e K adicionados via ciclagem de nutrientes do resíduo vegetal, o que reduziria a acidez potencial.

Tabela 07: Análise química do solo da área experimental. Terra Alta, Pará. Dezembro, 2020.

Trat.	MO g/kg ⁻¹	pH em H ₂ O	P --- mg dm ⁻³ ---	K -----	Ca	Mg	Ca+Mg	Al cmolc dm ⁻³	H+Al	CTC	m ----- % -----	V
M+FC	14,2 a	5,07 a	2,60 a	26,40 a	1,80 a	0,72 a	2,52 a	0,02 a	2,01 a	4,58 a	1,53 a	55,33 a
M+FP	13,7 ab	4,88 ab	3,30 a	32,66 a	1,67 a	0,73 a	2,40 a	0,06 a	2,20 a	4,69 a	2,80 a	50,53 a
MS	12,1 b	4,72 b	2,72 a	33,33 a	1,47 a	0,66 a	2,14 a	0,03 a	2,38 a	4,76 a	3,40 a	46,20 a

*Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si. M+FC= Milho+Feijão-caupi; M+FP= Milho+Feijão-de-porco; MS= Milho solteiro; MO= Matéria Orgânica; pH=Potencial Hidrogeniônico; P=Fosforo; K=Potássio; Ca=Cálcio; Mg= Magnésio; Ca+Mg= Soma de Cálcio e Magnésio; Al= Alumínio; H+Al=Acidez potencial; CTC= Capacidade de Troca de Cátions; m= Saturação por Alumínio; V=Saturação por Base

Considerando os efeitos positivos do aumento do pH, de 4,72 para 5,07, e diminuição da acidez do solo sob as leguminosas, esses foram classificados numa faixa de acidez média a

fraca. A variação de valores médios, pode ser explicada pela possibilidade das leguminosas realizarem a reciclagem de nutrientes presentes nas camadas mais profundas, trazendo para a superfície do solo, por conta de suas raízes profundas, atuando principalmente nos teores de Ca, Mg e K, concordando assim, com Nascimento et al. (2003) e Barreto e Fernandes (2005).

Nascimento et al. (2003) afirmam que para o pH do solo os valores médios das leguminosas + testemunha relativas às três profundidades estudadas, os valores médios das leguminosas foram significativamente superior ($p < 0,05$) ao da testemunha nas três profundidades, de 0-10 cm, de 10-20 cm e de 20-30 cm, cujos resultados indicam efeito positivo do cultivo das leguminosas nas condições de estudo do experimento, proporcionando diminuição considerável de sua acidez em todas as profundidades estudadas.

Os dados encontrados neste estudo corroboram com os dados de Anunciação (2010), onde demonstrou que a partir da decomposição dos resíduos vegetais das leguminosas pode ocorrer uma diminuição na acidez do solo. Seguindo este mesmo contexto, Vasconcelos (2017) constatou que as principais alterações percebidas no estudo, estão relacionadas à tendência do aumento do pH, fazendo com que os nutrientes sejam disponibilizados na solução do solo. Este processo teve menor influência no aumento do pH, tendo em vista a composição vegetal do Feijão-de-porco, onde possui maior composição de lignina em seus tecidos vegetais, sendo assim, sua decomposição mais lenta, quando comparado ao Feijão-caupi.

4.3.1.2. Matéria orgânica (MO)

Com base nos resultados da análise química do solo dos tratamentos (Tabela 07), para o teor de matéria orgânica (M.O.) ocorreu uma variação de 12,1 a 14,2 g kg⁻¹ entre todos os tratamentos estudados, revelaram diferenças significativas ($p < 0,05$), onde o maior teor foi verificado no Feijão-caupi apresentando 14,2 g kg⁻¹, seguido do Feijão-de-porco com 13,7 g kg⁻¹, enquanto que a testemunha apresentou o teor de 12,1 g kg⁻¹. Diante desses dados, verifica-se que as leguminosas aumentam o conteúdo de matéria orgânica no solo, quando comparadas com a testemunha, em que o tratamento Feijão-caupi e Feijão-de-porco proporcionaram um aumento de 14,8% e 11,7%, respectivamente. Souza (2014), afirma que uso da adubação verde foi responsável por aumentar o teor de carbono orgânico total (COT) em todas as profundidades do solo.

Conforme observado na tabela 07, os teores de matéria orgânica proporcionam melhorias a partir do aporte de biomassa no solo, no entanto esse índice pode sofrer perdas que podem ser decorrentes de alguns fatores, como a declividade do local, facilitando o arraste de resíduos vegetais da superfície pelas águas; o clima, com as altas temperaturas e umidade,

favorecendo uma rápida decomposição e mineralização do material vegetal; a característica de solos do local com altos teores de areia e baixos teores de argila apresenta-se altamente vulnerável ao processo erosivo.

Em consonância a esses dados, Wutke et al. (2007) afirmam que o teor de matéria orgânica no solo proveniente da adubação verde, promove o incremento da atividade biológica do solo e de sua fertilidade, mediante aporte de matéria orgânica e de nitrogênio fixado simbioticamente, contribuindo principalmente para a proteção do solo, aumento do seu teor de matéria orgânica, descompactação, estruturação e aeração, e aumento da capacidade de armazenamento de água e nutrientes no solo.

Resultados diferentes foram encontrados por Faria et al. (2004), que utilizou em seu experimento a adubação verde com Feijão-de-Porco, onde esta espécie proporcionou valores mais elevados para M.O do solo na camada de 0–10 cm, onde esse incremento variou 44 a 69 % em relação ao da testemunha (sem leguminosa).

Diante disso, Teixeira et al. (2010) ao estudarem a liberações de macronutrientes nas palhadas de milheto solteiro e consorciado com feijão-de-porco, verificaram o comportamento do consórcio que se decompôs de forma mais acelerada, possivelmente devido à menor relação C/N da leguminosa presente no consórcio, a qual contribuiu com quase 73 % da matéria seca do resíduo.

4.3.1.3. Fósforo (P)

Quanto ao teor de fósforo, não se constatou diferença significativa entre os tratamentos com leguminosas (Tabela 07). Os valores variaram entre 2,60 mg dm⁻³ para o tratamento Milho + Feijão-caupi e 3,30 mg dm⁻³ para Milho + Feijão-de-porco, seguida da testemunha que apresentou 2,72 mg dm⁻³. De acordo com o Manual de Interpretação de Análise de Solo do Estado do Pará, sugerido por Cravo et al. (2010) os valores encontrados nos tratamentos são considerados baixos (<10 mg dm⁻³).

Os valores encontrados para os tratamentos com leguminosas as Feijão-de-porco e Feijão-caupi diferem dos encontrados por Santos e Silva (2019), que observaram em um trabalho com estas espécies uma variação de 14 a 23 mg dm³ de fosforo, cujo valores se referem ao Feijão-de-porco e Feijão-caupi respectivamente. Assim sendo, para os valores de Fósforo não foi constatado, deste modo, a influência desse manejo na melhoria desse atributo para a profundidade.

4.3.1.4. Potássio (K)

Nos resultados encontrados para o Potássio (K) presentes na Tabela 07, observou-se que não houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos. Os valores mostram uma variação de 26,4 a 33,3 mg dm⁻³, respectivamente, para os tratamentos Milho + Feijão-caupi e Testemunha (Milho solteiro), este último apresentando o maior valor de potássio para o experimento. O tratamento Milho + Feijão-de-porco apresentou valor de 32,66 mg dm⁻³. A faixa de variação do teor de potássio entre os tratamentos estudados, de acordo com Cravo et al. (2010), está classificada como baixo (< 45 mg dm⁻³).

A autora Rodrigues (2017), em seu trabalho sobre adubação verde no município de Terra Alta, Nordeste Paraense, não constatou influência do uso de leguminosas na melhoria dos teores de Potássio no solo em seus tratamentos, relatando valores considerados baixos para a região.

4.3.1.5. Cálcio (Ca)

Contatou-se nos resultados encontrados para o cálcio (Tabela 07) que não houve diferença significativa entre os tratamentos ($P < 0,05$). Os teores de cálcio foram de 1,80 cmolc dm⁻³ para o tratamento Milho + Feijão-caupi e de 1,47 cmolc.dm⁻³a Testemunha (Milho solteiro). O tratamento Milho + Feijão-de-porco apresentou o valor de 1,67 cmolc dm⁻³. Seguindo os valores de referência de Cravo et al. (2010), os valores encontrados para os tratamentos M+FC e M+FP são considerados medianos (1,6 – 4,5 cmol.dm⁻³) demonstrando assim, eficiência das espécies leguminosas na reciclagem desse nutriente, embora não se tenha constatado significância entre os tratamentos estudados para esse parâmetro.

4.3.1.6. Magnésio (Mg)

Para o parâmetro magnésio (Mg), suas médias não apresentaram diferença significativa entre si ($p < 0,05$). Os teores tiveram variação de 0,66 a 0,73 cmol.dm⁻³, onde os tratamentos com as leguminosas Feijão-de-porco e Feijão-caupi foram os mais expressivos, apresentando os maiores valores com 0,73 cmol.dm⁻³ e 0,72 cmol.dm⁻³, respectivamente.

Analisando o comportamento do Mg antes (Tabela 07) e após o manejo dos tratamentos em estudo, verificou-se que seus teores apresentaram uma pequena variação, demonstrando a eficácia na reciclagem de nutrientes pelas leguminosas. Apesar de não diferirem significativamente, um fato semelhante foi evidenciado por Faria et al. (2004), onde verificarem que cultivos com leguminosas favoreceram valores mais expressivos para os parâmetros Ca trocável e Mg. Fato também evidenciado por Nascimento (2000), onde constatou que as

leguminosas são fundamentais na reciclagem de Mg trocável em altos teores para a cultura subsequente.

4.3.1.7. Alumínio (Al)

Os resultados de Alumínio (Tabela 07) também não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos, com uma variação de 0,02 a 0,06 cmol.dm^{-3} . Ainda com base nos valores de referência para a interpretação de análise de solo sugerido por Cravo et al. (2010), os resultados de Al, são considerados (0,3 – 1,0 cmol.dm^{-3}) para os todos os tratamentos M+FP, M+FC e Testemunha (MS), respectivamente com 0,06, 0,02 e 0,03 cmol.dm^{-3} , com destaque para o tratamento com Feijão-caupi que apresentou o menor valor de alumínio. Resultados semelhantes foram encontrados por Heinrichs et al. (2005), que em seu experimento com leguminosas cultivadas em sistema de consórcio com milho, foi constatado que no primeiro ano de cultivo obteve uma diminuição da presença de Al no solo.

4.3.1.8. Acidez potencial (H+Al)

Observa-se que para os teores de acidez potencial H+Al (Tabela 07) dos tratamentos estudados, submetidos ao teste T, não diferiram entre si ($P < 0,05$), com uma pequena variação de 2,01 a 2,38 cmol.dm^{-3} . Sendo o maior valor médio encontrados no tratamento testemunha (MS) com 2,38 cmol.dm^{-3} . Fato já esperado, uma vez que os valores médios de pH desse tratamento foram relativamente baixos e, segundo Sobral et al. (2015), quanto mais baixo o pH do solo mais alto será a acidez potencial do mesmo. No tratamento com Feijão-caupi foi evidenciado os menores resultados de H+Al quando comparados aos outros tratamentos, corroborando os resultados encontrados por Santos e Silva (2019), onde o Feijão-caupi também apresentou os menores valores de acidez potencial (1,3 cmol.dm^{-3}).

4.3.1.9. Saturação por alumínio (m%)

A Tabela 01 mostra a influência positiva do cultivo das leguminosas em relação à diminuição da toxidez causada pelo alumínio, onde ocorreu a redução dos níveis de saturação de alumínio (m%) nos tratamentos com leguminosas, quando comparados à testemunha e aos teores desses mesmos atributos, analisados antes do manejo dos tratamentos estudados (Tabela 07), mostrando resultados positivos. No entanto, embora tenha proporcionado melhoria nos valores da saturação por alumínio, não houve diferença significativa ($P < 0,05$) entre os tratamentos estudados, apresentando os maiores e menores valores, respectivamente, M+FC com 1,53%, o M+FP apresentou 2,80% e a testemunha (MS) com 3,40%.

4.3.1.10.Capacidade de Troca de Cátions (CTC)

Com base nos valores de referência de Cravo et al. (2010), os valores encontrados para a capacidade de troca de cátions - CTC presentes na (Tabela 07), por sua vez, mostraram-se relativamente altos (>4) para todos os tratamentos. Os resultados correspondentes a esse parâmetro, quando submetidos ao teste T, não se constatou diferença significativa entre os tratamentos.

Ressaltaram-se menores valores para esse atributo nos tratamentos com leguminosas com variação de 4,58 a 4,76 cmol.dm^{-3} , onde os valores correspondentes para cada tratamento foram o Milho + Feijão-caupi com 4,58 cmol.dm^{-3} , o Milho + Feijão-de-porco com 4,69 cmol.dm^{-3} e o destaque para o tratamento de Milho Solteiro que apresentou os maiores valores entre os tratamentos com 4,76 cmol.dm^{-3} . Esses resultados diferem dos encontrados por Faria et al. (2004), que ao utilizarem espécies de leguminosas como adubo verde, verificaram que os tratamentos com leguminosas proporcionaram valores mais elevados para a capacidade de troca catiônica (CTC).

4.3.1.11.Saturação por base (V%)

Os valores de saturação por bases não diferiram significativamente. No entanto a tabela 07 demonstra novamente a influência positiva do cultivo das leguminosas na melhoria dos atributos químicos do solo, ocorrendo o aumento da Saturação por Bases (V%) nos tratamentos com leguminosas, com destaque para o tratamento M+FC que apresentou os melhores valores com 55,33%, seguido do tratamento M+FP com 50,53% e a testemunha (MS) com 46,20 para o tratamento M+FC.

Esses valores proporcionados pelas leguminosas, de acordo com os valores de referência de Cravo et al. (2010), são considerados ideais para o cultivo de milho, cuja as Faixas de valores de saturação por bases considerados adequadas para os cereais está entre 50 e 60%. Pode-se ainda observar que a partir dos dados de saturação por bases, os solos passaram da condição de solos distróficos ($v\% < 50$) para solos eutróficos ($v\% > 50$).

A saturação por bases é descrita por Sobral et al. (2015) como a proporção da capacidade de troca catiônica ocupada pelas bases, que os solos com saturação por bases menor que 50%, possuem cargas ocupadas por componentes da acidez H ou Al e necessitam de correção. No entanto, os solos com saturação por bases maiores que 70% indicam que não há necessidade de calagem, logo, o solo, se encontra com os valores de V% recomendado.

4.4. CONCLUSÕES

- Constatou-se efeito das leguminosas na elevação do pH do solo e teor de matéria orgânica quando comparado à testemunha, com destaque para o tratamento com Feijão-caupi, que apresentou os melhores valores para estes parâmetros.
- Observou-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos na maioria dos parâmetros avaliados, no entanto notou-se um efeito positivo nos tratamentos com espécies leguminosas.
- Quanto aos índices de saturação por alumínio e por bases, constatou-se que os tratamentos com leguminosas denotaram uma tendência de melhoria nos valores quando comparados com a testemunha, influencia positivamente nesses atributos.

5. REFERENCIAS

ABREU, L.; CANSI, E. E JURIATTI, C. Avaliação do rendimento socioeconômico de variedades crioulos e híbridos comerciais de milho na microrregião de Chapecó. Revista Brasileira de Agroecologia, vol. 2, n. 1, p. 1230-1233. 2007.

ALVES, J. M. A.; ARAÚJO, N. P. de; UCHÔA, S. C. P.; ALBUQUERQUE, J. de A. A. de; SILVA, A. J. da; RODRIGUES, G. S.; SILVA, D. C. O. da. Avaliação agroeconômica da produção de cultivares de feijão-caupi em consórcio com cultivares de mandioca no cerrado de Roraima. Revista Agro@mbiente On-line, v. 3, n. 1, p. 15-30, jan-jun, 2009.

ANUNCIAÇÃO, G.C.F. Influência da adubação verde na fertilidade do solo cultivado com *Coffea arabica* L. e análise dos macronutrientes. IFSULDEMINAS, 2010. 39p. Trabalho de Conclusão do Curso Superior de Tecnologia em Cafeicultura – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas – Campus Muzambinho. Muzambinho, 2010.

ARAÚJO, S. L.; MORAIS, R. C.; MORAIS, R.; NUNES, F. R.; COSTA, C.; SANTOS, M. S. Guardiões e guardiãs da agrobiodiversidade nas regiões do Cariri, Curimataú e Seridó Paraibano. Cadernos Agroecológicos, v. 8, n. 2, p. 1-5. 2013.

ARSAC, J. F.; LAMOTHE, C.; MULARD, D.; J. FAGES, J. Growth enhancement of maize (*Zea mays* L.) through *Azospirillum lipoferum* inoculation: effect of plant genotype and bacterial concentration. Agronomie, Paris, v. 10, p. 640-654, 1990.

BAPTISTA, S. G.; CUNHA, M. B. da. Estudo de usuários: uma visão global dos métodos de coleta de dados. Perspectivas em Ciência da Informação, v. 12, n. 2, p. 168-184, mai/ago. 2007.

BARBOSA, J. C.; MALDONADO JR, W. AgroEstat – Sistema de análises estatísticas de ensaios agrônômicos. Versão 1.1, Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, 2010.

BARRADAS, C. A. DE A. Uso da adubação verde. Niterói, RJ. Programa Rio Rural, Manual Técnico, 25. 2010. ISSN 1983-5671.

BARRETO, A. C.; FERNANDES, M. F. Recomendações técnicas para o uso da adubação verde em solos de tabuleiros costeiros. EMBRAPA – Aracaju/SE, ISSN 1678-1945, 2001. (SAA), 2005. 1 CD.

BARROS, J.F. C.; CALADO, J.G. A Cultura do Milho. Évora - Portugal: Évora, 2014.

BASHAN, Y.; de-BASHAN, L.E. Plant growth-promoting. In: HILLEL, D. Encyclopedia of soil in the environment. Oxford, Elsevier, 2005. p.103-115.

BERTOL, I.; COGO, N. P.; BARBOSA, F. T.; SCHINCK, J. Manejo e conservação do solo e da água no Brasil: retrospectiva e projeção para o futuro. In: LEITE, L. F. C.; MACIEL, G. A.; ARAÚJO, A. S. F. (ed.). Agricultura Conservacionista no Brasil. Brasília, DF: Embrapa, 598p. 2014.

BIANCHETTO, R.; FONTANIVE, D. E.; CEZIMBRA, J. C. G.; KRYNSKI, A. M.; RAMIRES, M. F.; ANTONIOLLI, Z. L.; SOUZA, E. L. Desempenho Agronômico de Milho

BRASIL, E. C.; CRAVO, M. da S.; VIÉGAS, I. de J. M. Recomendações de calagem e adubação para o Estado do Pará. 2 ed. – Brasília-DF: Embrapa, 2020. 419p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. – Brasília: Mapa/ACS, 2009.

CALEGARI, A. Aspectos gerais da adubação verde. In: COSTA, M. B. B. Adubação verde no sul do Brasil. Rio de Janeiro, Pta/Fase, p.1-55, 1993.

CALEGARI, A. Sequestro de carbono, atributos físicos e químicos em diferentes sistemas de manejo em um latossolo argiloso do Sul do Brasil. 2006. 191f. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR.

CARPENTIERI-PÍPOLO, V.; SOUZA, A. de.; SILVA, D. A. da.; BARRETO, T. P.; GARBUGLIO, D. D.; FERREIRA, J. M. Avaliação de cultivares de milho crioulo em sistema de baixo nível tecnológico. Acta Scientiarum, v. 32, n. 2, p. 229- 233, 2010.

CARVALHO, A. M.; AMABILE, R. F. Cerrado: Adubação Verde. Planaltina, DF: Ed. Embrapa Cerrados, 2006. 369p.

CARVALHO, N. L. e ZABOT, V. Nitrogênio: nutriente ou poluente? Revista eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, v.6, p.960-974, 2012. Disponível em: < <https://periodicos.ufsm.br/reget/article/view/4671>>. Acessado em: 25/03/2021.

CATÃO, H. C. R.; COSTA, F. M.; VALADARES, S. V.; DOURADO, E. da R.; BRANDÃO JUNIOR, D. da S.; SALES, N. de L. P. Qualidade física, fisiológica e sanitária de sementes de

milho crioulo produzidas no norte de Minas Gerais. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.40, n.10, p.2060-2066, out, 2010.

CAVALLET, L.E.; PESSOA, A.C.S.; HELMICH, J.J. et al. Produtividade do milho em resposta à aplicação de nitrogênio e inoculação das sementes com *Azospirillum* spp. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 4:129-132, 2000.

CECCON, G., Consórcio milho-braquiária. Embrapa agropecuária oeste, Brasília, DF, 2013.175 p

CHADA, S. DE S.; DE POLLI, H. Nodulação de leguminosas tropicais promissoras para adubação verde em solo deficiente em fósforo. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 23 (11): 1 197-1202, nov. 1988.

CHAER, G. M. et al. Nitrogen-fixing legume tree species for the reclamation of severely degraded lands in Brazil. *Tree Physiology*, v. 31, p. 139-149, 2011.

CHAGAS JUNIOR, A. F.; OLIVEIRA, A. G.; REIS, H. B.; SANTOS, G. R.; CHAGAS, L. F. B.; MILLER, L. O. Eficiência da inoculação combinada de rizóbio e *Trichoderma* spp. em diferentes cultivares de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) no cerrado (Savana Brasileira). *Revista de Ciências Agrárias*, 2014, 37(1): 20-28).

CLIMA-TEMPO. Terra Alta, Pará. 2021. Disponível em: <<https://www.climatempoconsultoria.com.br/levantamento-de-dados-meteorologicos/>>. Acessado em: 16/01/2021.

COELHO FILHO, M. A.; GOMES JUNIOR, F. DE A.; GUIMARÃES, M. J. M.; OLIVEIRA, L. B. DE; SILVA, T. S. M. DA. Crescimento e produtividade do consórcio mandioca e feijão-caupi em diferentes arranjos de cultivo e condições irrigadas *Water Resources and Irrigation Management*. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, BA Instituto Federal Baiano, Salvador, BA v.6, n.3, p.151-159, set. - dez. 2017.

COELHO, A.M.; FRANÇA, G. E. de. *Seja o doutor do seu milho: nutrição e adubação*. 2.ed. Piracicaba: Potafos, 1995. 9p.

CORRÊA, A.L., ABBOUD, A.C. DE S., GUERRA, J.G.M., AGUIAR, L.A. DE, RIBEIRO, R. DE L. Adubação verde com crotalária consorciada ao “minimilho” antecedendo a couve-

folha sob manejo orgânico Rev. Ceres, Viçosa, 2014. v.61, n.6, p.956- 963. CRAVO, M. da S.; CORTELETTI, J.; NOGUEIRA, O. L.; SMYTH, T. J.; SOUZA, B. D. L. de. Sistema Bragantino: agricultura sustentável para a Amazônia. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2005. 93 p. 1 impr. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 218).

COSER, E. Avaliação da incidência de pragas e moléstias na cultura do milho (*Zea mays* L.) crioulo e convencional no município de Xaxim – SC. Chapecó. 2010. Monografia (Graduação) – Universidade Comunitária da Região de Chapecó, UNOCHAPECÓ, 2010.

COSTA, M.B.B. Adubação verde no sul do Brasil. Rio de Janeiro, AS-PTA, 1993. 346p.

Crioulo em Diferentes Níveis de Adubação no Sul do Brasil. Rev. Elet. Cient. UERGS, v. 3, n. 3, p. 528-545, 2017.

CRUZ, J. C.; XONZEN, E. M.; FILHO, I. A. P.; MARRIEL, I. E.; CRUZ, I. DUARTE, J. O.; OLIVEIRA, M. F.; ALVARENGA, R. C. Produção de milho orgânico na agricultura familiar. Circular técnica n. 81. Sete Lagoas, MG, 2006.

CUNHA, E. Q., L. F. STONE, J. A. A. MOREIRA, E. P. B. FERREIRA, A. D. DIDONET, E W. M. LEANDRO. Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na produção orgânica de feijão e milho. I-Atributos físicos do solo. Rev. Bras. Ciênc. Solo 35: 589-602. 2011.

DARTORA, J.; GUIMARÃES, V.F., MARINI, D., SANDER, G. Adubação nitrogenada associada à inoculação com *Azospirillum brasilense* e *Herbaspirillum seropedicae* na cultura do milho. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 17, n. 10, p. 1023–1029, 2013.

DE NOTARIS, C. et al. Nitrogen leaching: A crop rotation perspective on the effect of N surplus, field management and use of catch crops. Agriculture, Ecosystems and Environment, v. 255, n. December 2017, p. 1–11, 2018.

DIAS, E.; PORFILIO, A.; FREIRE, A. G. Semente da Paixão: Catálogo das sementes crioulas da Borborema – Esperança/PB: AS-PTA, 2016

DUARTE, I.B.; GALLO, A.S.; GOMES, M.S.; GUIMARÃES, N.F.; ROCHA, D.P.; SILVA, R.F– Plantas de cobertura e seus efeitos na biomassa microbiana do solo. Acta Iguazu, vol. 3, n. 2, p. 150-165. 2014.

DUDA, G. P.; GUERRA, J. G. M.; MONTEIRO, M. T.; DE-POLLI, H.; TEIXEIRA, M. G. Perennial herbaceous legumes as live soil mulches and their effects on C, N and P of the microbial biomass. *Scientia Agricola*, v. 60, p. 139-147, 2003.

EICHOLZ, E. D. et al. Produtividade de variedades de milho de polinização aberta no RS. In: XXXI CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO. Anais... Bento Gonçalves, p. 1436 – 1439, 2016.

EMBRAPA. Cultivo do Feijão-caupi em Sistema Agrícola Familiar. Circular Técnica 51. Teresina, PI. Novembro, 2011.

EMBRAPA. Milho - Caracterização e Desafios Tecnológicos. SÉRIE DESAFIOS DO AGRONEGÓCIO BRASILEIRO (NT2). EMBRAPA, 2019.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA SOLOS. Manual de métodos de análise de solo. 3.ed. rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2017. 574 p.: il. Color.

FARIA, C. M. B.; SOARES, J. M.; LEÃO, P.C. D. S. Adubação verde com leguminosas em videira no submédio São Francisco. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 28, n. 4, 2004.

FÉLIX, J. P. S.; CORREA, M. L. P.; SILVA, G. R. C.; OLIVEIRA, T. F.; SILVA, D. N. Desempenho de espécies leguminosas para adubação verde no Oeste do Pará. IX Congresso Brasileiro de Agroecologia – Belém/PA. *Cadernos de Agroecologia* – ISSN 2236-7934 – Vol 10, Nº 3 de 2015.

FERNANDES, M. F.; FERNANDES, R. P. M.; HUNGRIA, M. Seleção de rizóbios nativos para guandu, caupi e feijão-de-porco nos tabuleiros costeiros de Sergipe. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v. 38, n. 7, p. 835-842, jul. 2003.

FERREIRA, L. E., SOUZA, E. P., & CHAVES, A. F. Adubação verde e seu efeito sobre os atributos do solo. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 7(1), 33-38. 2012.

FOLLMANN, D. D.; SANDINI, I. E.; BAZZANEZI, A. N.; VIDAL, V.; NOVAKOWISKI, J. H.; ROYER, R. Efeito de diferentes métodos e doses de inoculante a base de *Azospirillum* spp.,

sobre o desempenho da cultura do milho. Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Florianópolis – SC, 2013.

FORMENTINI, E. A., Reinaldo LÓSS, F. R., BAYERL, M. P., LOVATI, R. D., BAPTISTI E. Cartilha Sobre Adubação Verde e Compostagem. Secretaria de Agricultura, Abastecimento e Pesca, Vitória, SC, 2008.

GAMA, J. R. N. F.; RODRIGUES, T. E.; CARDOSO JÚNIOR, E. Q. Levantamento dos solos e uso atual do Campo Experimental de Terra Alta, Pará. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2000. 30p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 45).

GAMA, J.R.F.N.; CARVALHO, E.J.M.; RODRIGUES, T.E.; VALENTE, M.A. Solos do Estado do Pará. In: CRAVO, M.S.; VIÉGAS, I.J.M. & BRASIL, E.C., eds. Recomendações de adubação e calagem para o estado do Pará. Belém, Embrapa Amazônia Oriental, 2007. p.19-29.

GODOY, J.C.S; WATANABE, S.H.; FIORI C.C.L. et al. Produtividade de milho em resposta a doses de nitrogênio com e sem inoculação das sementes com *Azospirillum brasilense*. Campo Digital, 6:26-30, 2011.

GUALTER, R.M.R.; BODDEY, R. M.; RUMJANEK, N. G.; FREITAS, A. C. R. de; XAVIER, G. R. Eficiência agrônômica de estirpes de rizóbio em feijão-caupi cultivado na região da Pré-Amazônia maranhense. Pesq. agropec. bras., Brasília, v.46, n.3, p.303-308, mar. 2011

HEINRICHS, R.; VITTI, G. C.; MOREIRA, A.; FIGUEIREDO, P. A. M. DE.; FANCELLI, A. L.; CORAZZA, E. J. Características químicas de solo e rendimento de fitomassa de adubos. R. Bras. Ci. Solo, 29:71-79, 2005.

HEINRICHS, R.; VITTI, G. C.; MOREIRA, A.; FIGUEIREDO, P. A. M.; FANCELLI, L. A.; CORAZZA, E. J. Características químicas de solo e rendimento de fitomassa de adubos verdes e de grãos de milho, decorrente do cultivo consorciado. Revista Brasileira de Ciência do solo, Viçosa, MG, v. 29, n. 1, p. 71-79, 2005.

HUNGRIA, M. Coleta de nódulos e isolamento de rizóbio. In: HUNGRIA, M.; ARAÚJO, R.S. (Ed.). Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola. Brasília, DF: EMBRAPA–SPI; Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA-CNPAF, 1994. p. 45-61. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 46).

HUNGRIA, M. Inoculação com *Azospirillum brasiliense*: inovação em rendimento a baixo custo. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 36p. – (Documentos / Embrapa Soja, ISSN 1516-781X; n.325).

HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J.; MENDES, I.C. A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 80p. (Embrapa Soja. Documentos, 283). (ISSN 1516- 781X; N 283).

IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação Agropecuária, Levantamento Sistemático da Produção Agrícola, Set/2017.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2019. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html?edicao=25369&t=destaques>>. Acessado em: 25/10/2019.

KAPPES, C. Coberturas vegetais, manejo do solo e doses de nitrogênio em cobertura na cultura do milho. 2012. 206 f. Tese (Doutorado em Sistemas de Produção) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira, 2012.

KAPPES, C.; GITTI, D. C.; ARF, O.; ANDRADE, J. A. C.; TARSITANO, M. A. A. Análise econômica do milho em sucessão a diferentes adubos verdes, manejos do solo e doses de nitrogênio. Bioscience Journal, v. 31, n. 1, p. 55-64. 2015.

KAPPES, C.; ZANCANARO, L. Sistemas de consórcios de braquiária e de crotalárias com a cultura do milho. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, Sete Lagoas, v. 14, n. 2, p. 219-234, 2015.

KOTTEK, M.; GRIESER, J.; BECK, C.; RUDOLF, B.; RUBEL, F. World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. Meteorologische Zeitschrift, v. 15, n. 3, p. 259-263. 2006. <<https://doi.org/10.1127/0941-2948/2006/0130>>

LANA, M. C.; DARTORA, J.; MARINI, D.; HANN, J. E. H. Inoculation with *Azospirillum*, associated with nitrogen fertilization in maize. Revista Ceres, v.59, p.399-405, 2012.

LUÍS, A. J. Características agronômicas do milho em função da cultura antecessora no sistema plantio direto. FCA, Faculdade de Ciências Agrárias - Universidade Federal da Grande Dourados, 2014. 28f. (Dissertação de Mestrado em Agronomia).

MACARENHAS, H. A. A.; WUTKE, E. B. Adubação, nutrição e fatores climáticos limitantes ao desenvolvimento dos adubos verdes. In: Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: Fundamentos e práticas. 1 Edição ed. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 191–224

MACHADO, P. L. O. A.; MADARI, B. E.; BALBINO, L. C. Manejo e conservação do solo e água no contexto das mudanças ambientais – Panorama Brasil. In: PRADO, R. B.; TURETTA, A. P. D.; ANDRADE, A. G. (Org.). Manejo e conservação do solo e água no contexto das mudanças ambientais. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010. p. 41-52.

MARIN, A. M. P.; MENEZES, R. S. C.; SALCEDO, I. H. Produtividade de milho solteiro ou em aléias de gliricídia adubado com duas fontes orgânicas. Pesq. agropec. bras., Brasília, v.42, n.5, p.669-677, maio, 2007.

MARTINS, N. M. Caracterização morfofisiológica de rizóbios simbiossantes de guandu, feijão-de-porco, crotalária, mucuna-cinza e mucuna-preta. Universidade Federal da Grande Dourados, 2014. 104f. (Dissertação de Mestrado em Biologia Geral/Bioprospecção).

MATEUS, G. P.; WUTKE, E. B. Espécies de Leguminosas Utilizadas Como Adubos Verdes. Pesquisa & Tecnologia, vol. 3, n.1. ISSN 2316-5146. Jan-Jun 2006.

MEHL, H. U., SAGRILO, E., WOLSCHICK, D., ARZABE, C. Produção de biomassa e padrão de decomposição de adubos verdes cultivados nas entrelinhas de acerola orgânica. In: Embrapa Meio-Norte-Artigo em anais de congresso. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 18. 2010, Teresina. Novos caminhos para agricultura conservacionista no Brasil. Teresina: Embrapa Meio-Norte: Universidade Federal do Piauí, 2010.

MEHNAZ, S.; LAZAROVITS, G. Inoculation effects of *Pseudomonasputida*, *Ghiconacetobacter azotocaptans* and *Azospirillum lipoferum* on com plant growth iinder greenhouse conditions. *Microbial Ecology*. New York. v. 51, n. 3, p. 326-335, 2006.MIRANDA, R. A. de. Uma história de sucesso da civilização. *A Granja*, v. 74, n. 829, p. 24-27, jan. 2018.

MENDES, I. dos S. Avaliação de extratos das folhas e sementes de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) como bioerbicidas pós-emergentes e identificação de aleloquímicos via cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC). Universidade de São Paulo, 2011. 74p (Dissertação de mestrado em química analítica).

MUZILLI, O. Recuperação de solos tropicais degradados. ABEAS, Brasília, 1996. p.46.

NASCIMENTO, J. T. Efeito de leguminosas nas propriedades de Luvisolo e avaliação de suas potencialidades na produção da cultura do milho (*Zea mays*, L.). Areia: Centro de Ciências Agrárias – Universidade Federal da Paraíba, 2000. 180p. (Dissertação de Mestrado em Produção Vegetal).

NASCIMENTO, J. T.; SILVA, I. DE F. DA. Avaliação quantitativa e qualitativa da fitomassa de leguminosas para uso como cobertura de solo. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.34, n.3, p.947-949, mai-jun, 2004.

NASCIMENTO, J. T.; SILVA, I. F.; SANTIAGO, R. D.; SILVA NETO, L. F. Efeito de leguminosas nas características químicas e matéria orgânica de um solo degradado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.7, n.3, p.457-462, 2003.

NOGUEIRA, N. O.; OLIVEIRA, O. M. DE.; SILVA, C. A. DA M.; OLIVEIRA, C. DE B. Utilização de leguminosas para recuperação de áreas degradadas. *Enciclopédia biosfera*, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.8, N.14; p. 2 1 2 2 – 2012.

PANDOVAN, M. P.; CARNEIRO, L. F.; FELISBERTO, G.; NASCIMENTO, J. S.; CARNEIRO, D. N. M. Milho cultivado em sucessão a adubos verdes em sistemas sob bases agroecológicas. *Revista Agro@mbiente On-line*, v. 9, n. 4, p. 377-385, outubro-dezembro, 2015.

PARTELLI, F. L.; VIEIRA, H. D.; FERREIRA, E. P. B.; VIANA, A. P. Biologic dinitrogen fixation and nutrient cycling in cover crops and their effect on organic Conilon coffee. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 32, n. 3, p. 995-1006. 2011.

PAVINATO, P. S. e ROSOLEM, C. A. Disponibilidade de nutrientes no solo: decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. *Revisão de literatura • Rev. Bras. Ciênc. Solo* 32 (3) • Jun 2008. <<https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000300001>>.

PERIN, A.; SANTOS, R. H. S.; URQUIAGA, S.; GUERRA, G. M.; CECON, P. R. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 39, n. 1, p. 35-40. 2004.

REPKE, R. A.; CRUZ, S. J. S.; SILVA, C. J.; FIGUEIREDO, P. G.; BICUDO, S. J. Eficiência da *azospirillum* brasileiro combinada com doses de nitrogênio no desenvolvimento de plantas de milho. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.12, n.3, p. 214-226, 2013.

RIBEIRO, V. Q. Cultivo do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). Embrapa Meio-Norte-Sistema de Produção (INFOTECA-E), 2002.

ROBERTO, V. M. O.; SILVA, C. D.; LOBATO, P. N. Resposta da cultura do milho à aplicação de diferentes doses de inoculante (*Azospirillum* brasileiro) via semente. In: 28o Congresso Nacional de Milho e Sorgo, Goiânia. Anais, Associação Brasileira de Milho e Sorgo. p. 2429-2434, 2010.

RODRIGUES, M. L. Cultivo de mandioca em sistemas consorciados com leguminosas para adubação verde em Terra Alta, Nordeste Paraense. IFPA, 2017. 60p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Rural e Gestão de Empreendimentos Agroalimentares) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Do Pará – IFPA, Castanhal, 2017.

RODRIGUES, M. L.; MATA, C. T. da; RIBEIRO, L. L. O.; DIAS, M. R. de P. Tipificação de estabelecimentos agrícolas familiares: um diagnóstico dos sistemas de produção da comunidade São Lourenço, município de Terra Alta, Pará. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ADMINISTRAÇÃO, ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 53, 2015, João Pessoa, PB. Anais... João Pessoa, PB: UFPB, 2015

RODRIGUES, T.E. Solos da Amazônia. In: ALVAREZ V., V.H.; FONTES, L.E.F. & FONTES, M.P., eds. O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado. Viçosa, MG, SBCS/UFV/DPS, 1996. p.19-60.

ROESCH, L. F. W.; OLIVARES, F. L.; PASSAGLIA, L. P. M.; et al. Characterization of diazotrophic bacteria associated with maize: effect of plant genotype, ontogeny and nitrogen-supply. *World Journal of Microbiology & Biotechnology*, 22:967-974, 2006.

SAGRILO, E.; LEITE, L. F. C.; GALVÃO, S. R. S.; LIMA, E. F. Manejo agroecológico do solo: os benefícios da adubação verde. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2009. Disponível

em:<ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/80695/1/documento-193.pdf>; Acesso em: 26 de jan. 2022.

SANTOS, Á. do N.; NACIMENTO, J. T.; MAIA, N. J. C.; SANTOS, B. B.; ALVINO, E. D. C. S.; DIAS, M. R. D. P.; MENDES, F. S.; DO CARMO, A. P. M.; FERNANDES, F. J. B. F.; GONÇALVES J. D. Contribuição do cultivo do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) em consórcio com mandioca (*Manihot esculenta*) na fertilidade de um Latossolo Amarelo distrófico do Campus Castanhal, do IFPA-PA. In: Jornada de iniciação científica dos grupos PET (JICPET),11.,2015, Belém. Anais JICPET 2015. Artigos, p. 18-19. CD-ROM. ISBN 2318-1141.

SANTOS, Á. N.; SILVA, D. J. M. Adubação verde em contribuição à melhoria da qualidade química de um latossolo amarelo distrófico, no Campus Castanhal-IFPA, Pará. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará – IFPA, 2019.

SANTOS, C. F. B.; BISCARO, G. A.; BARBIZAN, T.; SILVA, D. C. da; FERREIRA, E. da S. Influência da Adubação Verde na Qualidade de Bulbos de Cultivares de Cebola. Cadernos de Agroecologia – ISSN 2236-7934 – V.13, N. 2, dez. 2018.

SANTOS, M. da S.; BARROS, M. K. L. V.; BARROS, H. M. M.; BAROSI, K. X.; CHICÓ, L. R. Sementes crioulas: Sustentabilidade no semiárido paraibano. Revista Agrarian Academy, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v. 4, n. 7; p. 403, 2017.

SEPOF. Secretaria de Estado de Planejamento, Orçamento e Finanças do Pará/PA, 2014. Disponível em: <<http://www.idesp.pa.gov.br/paginas/produtos/EstatisticaMunicipal/pdf/TerraAlta.pdf>>. Acesso em: set. 2019.

SILVA, D. J. M. da, SANTOS, Á. N.; EVANGELISTA, I. M. A.; NASCIMENTO, J. T. Avaliação do potencial de leguminosas para produção de biomassa e fixação biológica de nitrogênio em um latossolo amarelo distrófico, castanhal, Pará. In: XXXVI CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 2017. Belém, PA. Anais XXXVI CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, Belém, PA, 2017. Disponível em:<http://icongresso.pauta.itarget.com.br/arquivos/trabalhos_completos/pauta/3/2505_16062017_094109.pdf>.

SILVA, D. J. M. da; DIAS, M. R. de P.; MENDES, F. S.; BRITO, A. D.; SOUSA, R. da P. Estudo do funcionamento de um estabelecimento agrícola no município de Terra Alta - PA: uma abordagem sistêmica em uma pequena propriedade familiar. In: III CONGRESSO INTERNACIONAL DAS CIÊNCIAS AGRÁRIAS, 2018. João Pessoa, PB. Anais IIICOINTERPDVAGRO, João Pessoa, PB, 2018. DOI: <https://doi.org/10.31692/2526-7701.IIICOINTERPDVAGRO.2018.00127>

SILVA, E.F.; LOURENTE, E.R.P.; MARCHETTI, M.E.; MERCANTE, F.M.; FERREIRA, A.K.T. & FUJJI, G.C. Frações lábeis e recalcitrantes da matéria orgânica em solos sob integração lavoura-pecuária. Pesquisa Agropecuária Brasileira, vol. 46, n. 10, p. 1321-1331. 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2011001000028>

SILVA, M. S. L. DA; CHAVES, V. C.; RIBEIRO, F. N.; FERREIRA, G. B. F.; MENDONÇA, C. E. S.; CUNHA, T. J. F. Espécies vegetais para adubação verde e/ou cobertura do solo em cultivo orgânico de fruteiras na região semiárida do Nordeste brasileiro. In: Embrapa Meio-Norte-Artigo em Anais de Congresso/Nota Técnica. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 17., 2008, Rio de Janeiro. Manejo e conservação do solo e da água no contexto das mudanças ambientais. Rio de Janeiro: SBSCS: Embrapa Solos: Embrapa Agrobiologia, 2008.

SILVA, S. do N.; GURJÃO, K. C. de O.; ALMEIDA, F. de A. C.; SILVA, R. M. da; SILVA, P. B. da; SILVA, L. P. F. R. da. Características físicas de sementes de milho crioulo da Paraíba. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável. V.13, Nº 5, p. 590-594, 2018.

SOBRAL, L. F.; BARRETTO, M. C. DE V.; SILVA, A. J. DA.; ANJOS, J. L. DOS. Guia prático para interpretação de resultados de análises de solos. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015. 13 p. (Documentos / Embrapa Tabuleiros Costeiros, ISSN 1678-1953; 206).

SOUZA, B. de J. Adubação verde: uso por agricultores agroecológicos e o efeito residual no solo. Universidade de viçosa-MG, 2014. 62p. (dissertação de Mestrado em Agroecologia)

SOUZA, F.R. S. de; VELOSO, C.A. C.; POITRONIER1, L. S.; ARAUJO, S. M. B. de. Recomendações básicas para o cultivo do milho no Estado do Pará. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 1999. 20p. (Embrapa Amazônia Oriental. Circular Técnica, 2).

TEIXEIRA, C. M.; CARVALHO, G. J.; SILVA, C. A.; ANDRADE, M. J. B.; PEREIRA, J. M. Liberação de macronutrientes das palhadas de milheto solteiro e consorciado com feijão-de-

porco sob cultivo de feijão. In: Manejo e conservação do solo e da água • Rev. Bras. Ciênc. Solo 34 (2) • abril, 2010.

TEIXEIRA, F. F.; SOUZA, B. O.; ANDRADE, R. V.; PADILHA, L. Boas práticas na manutenção de germoplasma e variedades crioulas de milho. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, 2005. 8 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado Técnico, 113)

TEIXEIRA, L.A., TESTA, V.M., & MIELNICZUK, J. Nitrogênio no solo, nutrição e rendimento de milho afetados por sistemas de cultura. R. Bras. Ci. Solo, Campinas, 18: 207-214, 1994.

TEODORO, R. B.; OLIVEIRA, F. L. de; SILVA, D. M. N. da; FÁVERO, C.; QUARESMA, M. A. L. Aspectos agronômicos de leguminosas para adubação verde no Cerrado do Alto Vale do Jequitinhonha. Rev. Bras. Ciênc. Solo, Viçosa, v. 35, n. 2, abr. 2011.

VASCONCELOS, M. C. A. de. Avaliação dos indicadores químicos e biológicos de qualidade do solo de cerrado degradado após o cultivo de leguminosas. Universidade Católica de Goiás, 2017. 56p. (dissertação de Mestrado em Ecologia e Produção Sustentável).

WUTKE, A. B. et al. Bancos comunitários de sementes de adubos verdes: informações técnicas. Brasília: ministério da agricultura, pecuária e abastecimento, 2007. 52p.

WUTKE, E. B.; CALEGARI, A.; WILDNER, L. do P. Espécies de adubos verdes e plantas de cobertura e recomendações para seu uso. In: LIMA FILHO, O. F. de (Orgs.). Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática. Brasília, DF: Embrapa Agropecuária Oeste, 2014. p. 59-168.

ZEMRANY H.; CORLET, J.; LUTZ, M. P.; CHABERT, A.; BAUDOIN, E.; HAURAT, J.; MAUGHAN, N.; FELIX, D.; DÉGAGO, G.; BALLY, R.; MOENNELOCCOZ, Y. Field survival of the phytostimulator *Azospirillum lipoferum* crt1 and functional impact on maize crop, biodegradation of crop residues, and soil faunal indicators in a context of decreasing nitrogen fertilization. Soil Biology & Biochemistry, 38:1712-1726, 2006.